

A. Bühler

Der Waldbau

Erster Band

Der Waldbau

nach

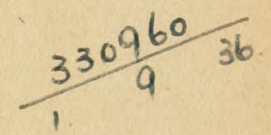
wissenschaftlicher Forschung
und praktischer Erfahrung

Ein Hand- und Lehrbuch

von

Dr. Anton Bühler,
Professor an der Universität Tübingen
und
Vorstand der K. Württembergischen Forstlichen Versuchsanstalt.

I. Band.



STUTTGART 1918.
Verlagsbuchhandlung Eugen Ulmer
Verlag für Landwirtschaft und Naturwissenschaften.

Manuldruck von F. Ullmann G. m. b. H., Zwickau Sa.
Ungeheuer & Ulmer, Kgl. Hofbuchdrucker, Ludwigsburg.

Printed in Germany

Vorwort zum I. Band.

Nach dem ursprünglichen Plan sollte dieses Werk in einem Bande erscheinen.

Bei Ausbruch des Krieges im August 1914 war der Druck bis S. 662 vorgeschritten. Nachdem die Schwierigkeiten der Papierbeschaffung immer noch andauern, kann der Druck der weiteren Bogen noch einige Zeit sich hinausschieben. Das Werk wird deshalb in 2 Bände geteilt.

Der vorliegende I. Band enthält den I. und II. Teil; der II. Band wird den III. (Praxis des Waldbaus) und IV. Teil (Zur Geschichte der Wirtschaft und Wissenschaft) umfassen. Dem II. Bande wird ein Personen- und ein ausführliches Sachregister, das die Benützung des Werkes wesentlich erleichtern wird, beigegeben werden.

Der „Waldbau" soll ein Hand- und Lehrbuch sein.

Für den im praktischen Leben stehenden Wirtschafter und Waldbesitzer soll es als Nachschlagewerk dienen. Es sind deshalb nicht nur die allgemeinen Gesichtspunkte angegeben, wie es in den Lehrbüchern der Fall zu sein pflegt, sondern es werden auch die für das praktische Vorgehen so wichtigen Einzelheiten besonders besprochen. Überall sind die Ursachen der Erscheinungen aufgeführt, soweit dies beim heutigen Stande unseres Wissens möglich ist.

Die naturwissenschaftliche und die forstliche Literatur ist vollständig durchgearbeitet worden. Was in Büchern, Zeitschriften, Versammlungsberichten und amtlichen Vorschriften über irgend eine Frage enthalten ist, wurde bald kürzer, bald ausführlicher in die Darstellung aufgenommen. In allgemeinen, wie in besonderen Fragen wird das Werk den neuesten Stand der wissenschaftlichen Forschung und der praktischen Erfahrung zum Ausdruck bringen.

Die geschichtlichen Einleitungen zu den einzelnen wichtigen Kapiteln füllen eine Lücke aus, die jeder, der in der praktischen Wirtschaft stand, schon empfunden hat. Bei neuen Aufgaben, welche das tägliche Leben stellt, kann der oft weit von Büchereien entfernt wohnende Praktiker nur sehr schwer die über einen Gegenstand vorhandene Literatur sich verschaffen. Vielfach hat er auch nur eine lückenhafte Kenntnis der literarischen Erscheinungen. Wie oft werden nicht wir Lehrer um Angaben über die Literatur ersucht, wenn es sich um Vorträge in den Vereinsversammlungen, Gutachten für Behörden oder Lösung plötzlich auftauchender praktischer Schwierigkeiten handelt.

Was an anderen Orten oder zu anderen Zeiten in bestimmten Fällen gedacht und ins Werk gesetzt wurde, soll in diesem Buche nachgewiesen sein. Vor mechanischer Nachahmung fremder Maßregeln sollten schon die ausführlich geschilderten geographischen und topographischen Verschiedenheiten der natürlichen und der volkswirtschaftlichen Verhältnisse schützen. Zudem sind nicht nur die auf praktischer Erfahrung oder wissenschaftlicher Forschung beruhenden Schlußsätze mitgeteilt, sondern stets die Verhältnisse angegeben, unter welchen sie gewonnen wurden.

Die Arbeiten der Versuchsanstalten sind hier erstmals in ausgedehntem Maße auch für waldbauliche Zwecke nutzbar gemacht worden. Eine Durchsicht des Werkes wird zeigen, daß die gewöhnlich allein beachteten Ertragsuntersuchungen der Versuchsanstalten auch für viele waldbauliche Untersuchungen eine feste Grundlage schaffen.

Leicht zu erkennen ist sodann, daß nicht die Verhältnisse des Staatswaldes und damit des Großbesitzes den Ausgangspunkt der Untersuchungen bilden, sondern daß die Gemeinde- und Privatwaldungen, also die Verhältnisse des mittleren und kleinen Besitzes stets mitberücksichtigt wurden.

Während meiner Tätigkeit in der praktischen Verwaltung hatte ich reichliche Gelegenheit, die Bedürfnisse des kleineren und größeren Waldbesitzes kennen zu lernen. Mein langjähriger Aufenthalt in der Schweiz, in der die Staatswaldungen neben dem Gemeindewalde verschwindend klein sind, hat mir sodann hinreichenden Einblick in die Gemeindewaldwirtschaft verschafft.

Um das Werk als Lehrbuch für den Unterricht geeignet zu machen, ist auf die übersichtliche Gruppierung des Stoffes und die Betonung der wichtigen Gesichtspunkte besondere Sorgfalt verwendet worden. Durch größeren oder kleineren Druck ist die Wichtigkeit der einzelnen Abschnitte auch äußerlich hervorgehoben.

Was für die Studierenden besonders ins Gewicht fallen dürfte, ist die gedrängte Zusammenfassung der naturwissenschaftlichen Literatur in ihrer Anwendung auf den Waldbau. Auch der stete Hinweis auf die ganze Volkswirtschaft und den Zusammenhang der Waldwirtschaft mit der Volkswirtschaft wird dem Studierenden die Bedeutung und Wichtigkeit volkswirtschaftlicher Studien, als notwendige Ergänzung der vorherrschend privatwirtschaftlichen und fiskalischen forstlichen Fächer, nahe legen.

Möge diesem meinem Lebenswerke, in dem die Früchte jahrzehntelanger wissenschaftlicher und praktischer Tätigkeit niedergelegt sind, eine wohlwollende Aufnahme beschieden sein.

Tübingen, den 21. März 1918. Bühler.

Einleitung.

§ 1. Waldwirtschaft und Volkswirtschaft 1
§ 2. Der Wald im Wirtschaftsleben des Volkes 3

Natürliche und volkswirtschaftliche Verhältnisse in ihrem Einfluß auf die Waldwirtschaft.

§ 3. Übersicht 11
I. Die natürlichen Verhältnisse 13
§ 4. Die Flächenausdehnung des Waldes 13
§ 5. Die Verteilung des Waldes über das Land hin. . 14
§ 6. Die Lage der Waldungen 16
§ 7. Die geologischen Formationen und die Bodenarten 18
§ 8. Das Klima 21
II. Die ökonomischen und sozialen Zustände 22
§ 9. Die Bevölkerung 22
§ 10. Handels- und Verkehrsverhältnisse 25
§ 11. Die Art und die Größe des Waldbesitzes . . 27
§ 12. Die rechtlichen Verhältnisse des Waldes . . . 33
§ 13. Die historische Entwicklung der Wirtschaft . 34
III. Zusammenfassung 35
§ 14. Die rationelle Wirtschaft 35
§ 15. Aufgabe und Begriff des Waldbaus 36
§ 16. Die Methode 38
§ 17. Einteilung 43
§ 18. Waldbau und Waldbaulehre 43
§ 19. Die waldbauliche Literatur 46

I. Teil. Die natürlichen Faktoren der waldbaulichen Produktion.

§ 20. Übersicht und Einteilung 47
1. Abschnitt. **Die Holzarten.** 47
§ 21. Allgemeines 47
§ 22. Die Bäume und Sträucher, sowie sonstige waldbaulich wichtige Gewächse des mitteleuropäischen Waldes 49
§ 23. Die waldbauliche und wirtschaftliche Bedeutung der einzelnen Holzarten 54
§ 24. Statistische Nachweise über die bestandesbildenden Holzarten 54
§ 25. Aus der Pflanzengeographie 59

2. Abschnitt. **Der Standort** 67
§ 26. Allgemeines 67
A. **Das Klima** 69
§ 27. Allgemeines 69
§ 28. Die meteorologischen und klimatologischen Quellenwerke und die klimatologische Literatur 72
I. Das Licht 75
§ 29. Allgemeines 75
§ 30. Direktes Sonnenlicht und diffuses Tageslicht . 76
§ 31. Die Dauer des Sonnenscheins 77
§ 32. Die Intensität des Lichtes 82
§ 33. Die Beleuchtungsverhältnisse im Walde . . . 84
Versuche über den Einfluß verschiedener Lichtgrade auf das Wachstum der wichtigsten Holzarten 90
§ 34. Einleitung 90
§ 35. Versuche mit Beschattung eines Buchen- und Tannenbestandes 94
§ 36. Versuche mit Beschattung durch Lawsons-Cypressen 102
§ 37. Versuche mit Beschattung durch Fichten und Eschen im Versuchsgarten Adlisberg bei Zürich 104
§ 38. Versuche mit Deckgittern 106
§ 39. Versuche in einer Lücke im 100jährigen Buchenbestande 108
§ 40. Besprechung der vorstehenden Versuche . . 114
§ 41. Praktische Schlußfolgerungen 129
II. Die Temperatur der Luft 130
§ 42. Bedeutung der Lufttemperatur 130
§ 43. Die Wärmegebiete 132
§ 44. Lokale Wärmeverhältnisse 138
§ 45. Die Lufttemperatur unter dem geschlossenen Bestande 140
§ 46. Praktische Schlußfolgerungen 144
III. Die Feuchtigkeit der Luft 145
§ 47. Bedeutung der Luftfeuchtigkeit 145
§ 48. Die relative Luftfeuchtigkeit in verschiedenen Gegenden 146
§ 49. Die relative Luftfeuchtigkeit im Freien und im geschlossenen Bestande 147
§ 50. Praktische Schlußfolgerungen 150
IV. Die Niederschläge 152
§ 51. Bedeutung der Niederschlagsverhältnisse . . . 152
§ 52. Die jährlichen Niederschlagsmengen und die Niederschlagsgebiete 153

§ 53. Die Verteilung der Niederschläge über das Jahr hin 159
§ 54. Zahl der Tage mit Niederschlag. Trockenperioden. Regendichte 168
§ 55. Die Schneefälle 173
§ 56. Die Niederschläge im Freien und im Walde . . 176
§ 57. Praktische Schlußfolgerungen 184

V. Die Verdunstung 185

§ 58. Bedeutung der Verdunstung 185
§ 59. Ergebnisse der Beobachtungen über Verdunstung 186
§ 60. Praktische Schlußfolgerungen 189

VI. Die Windverhältnisse 191

§ 61. Bedeutung der Windverhältnisse 191
§ 62. Die Geschwindigkeit des Windes 197
§ 63. Die Richtung des Windes 202
§ 64. Die Geschwindigkeit der einzelnen Windrichtungen 208
§ 65. Praktische Schlußfolgerungen 210

B. Die Lage 211

§ 66. Allgemeines 211

I. Meereshöhe, sowie geographische Länge und Breite 213

§ 67. Waldgrenze und Baumgrenze 213
§ 68. Die Höhengrenzen der einzelnen Holzarten 223
§ 69. Die Gebirgslage in ihrem Einfluß auf die waldbaulichen Verhältnisse 230

II. Die Exposition oder Himmelslage 232

§ 70. Allgemeines 232
§ 71. Der Einfluß der Exposition auf die Temperatur des Bodens 234
§ 72. Die Verdunstung des Wassers aus dem Boden an verschiedenen Expositionen 243
§ 73. Die Feuchtigkeit des Bodens an verschiedenen Expositionen 246

III. Der Neigungsgrad des Terrains gegen den Horizont 248

§ 74. Allgemeines 248
§ 75. Die Temperatur des Bodens bei verschiedenem Neigungsgrad 250
§ 76. Der Wassergehalt des Bodens bei verschiedenen Neigungsgraden 251

§ 77. IV. Die Gestaltung des Geländes 252

§ 78. Praktische Schlußfolgerungen 254

C. Der Boden 255
§ 79. Allgemeines 255

I. Die mineralische Zusammensetzung des Bodens 259
§ 80. Die mineralischen Nährstoffe im Boden und die chemische Bodenanalyse 259
§ 81. Das Ergebnis von Kulturversuchen mit jungen Pflanzen 263
§ 82. Der Gehalt des Bodens an mineralischen Nährstoffen und das Wachstum älterer Bestände 265
§ 83. Der Entzug und Bedarf der Waldbäume und der waldbaulich wichtigen Pflanzen an mineralischen Nährstoffen 271
§ 84. Die Bodenklassen 280
§ 85. Die Beurteilung des Bodens 284

II. Der Humusgehalt des Bodens 291
§ 86. Die Entstehung des Humus 291
§ 87. Untersuchung von Humusproben 292
§ 88. Die waldbauliche Bedeutung des Humus 304
§ 89. Trockentorf. Rohhumus. Heidehumus. Moorhumus 306

III. Der Wassergehalt des Bodens 309
§ 90. Allgemeines 309
§ 91. Die Sickerwassermengen 312
§ 92. Die Bodenfeuchtigkeit 329
§ 93. Die Verdunstung von Wasser aus dem Boden 335
§ 94. Das Grundwasser 346
§ 95. Praktische Schlußfolgerungen 350

IV. Die Temperatur des Bodens 351
§ 96. Allgemeines 351
§ 97. Die monatliche und jährliche Bodentemperatur in verschiedener Tiefe 352
§ 98. Die Temperatur verschiedener Bodenarten 356
§ 99. Die Temperatur des trockenen und des nassen Bodens 364
§ 100. Einfluß der Exposition und der Neigung gegen den Horizont auf die Temperatur des Bodens 365
§ 101. Der Einfluß der Meereshöhe auf die Bodentemperatur 367
§ 102. Der Einfluß der Beschattung auf die Bodentemperatur 368
§ 103. Praktische Schlußfolgerungen 377

V. Die Struktur und Lagerung des Bodens . 378
§ 104. Allgemeines 378
§ 105. Porenvolumen und Wurzelverbreitung 380
§ 106. Das Eindringen der Luft und des Wassers in den Boden 381
§ 107. Das Wachstum im nassen Boden 384

VI. Die Mächtigkeit des Bodens 386

§ 108. Allgemeines 386
§ 109. Krume, Obergrund, Untergrund 387

VII. Die Biologie des Bodens 390

§ 110. Allgemeines 390
§ 111. Der Einfluß der Tiere auf den Boden 390
§ 112. Der Einfluß der Pilze auf den Boden 391
§ 113. Die Laub-, Nadel- und Moosdecke 393
§ 114. Die einzelnen Moosarten in ihrem Einfluß auf den Boden 394
§ 115. Die Beerkräuter und die Heide 395
§ 116. Die Gräser und Unkräuter 398
§ 117. Stauden und Bäume 404

VIII. Charakteristik der Hauptbodenarten . . 405

§ 118. Die praktischen Gesichtspunkte 405
§ 119. Die einzelnen Bodenarten 405

D. **Zusammenfassung** 410

§ 120. I. Die Standortsbeschreibung 410
§ 121. II. Die Bestandesbeschreibung 412
III. Die Standortsgüte oder die Bonität 413

§ 122. Allgemeines 413
§ 123. Die Versuchsflächen nach Meereshöhe und Exposition 416
§ 124. Die Zahl der ausgeschiedenen Bonitäten 424
§ 125. Die Bonitäten in geographischer Hinsicht 428
§ 126. Waldbauliche Bedeutung der Bonitäten 430

3. Abschnitt. **Die waldbaulich wichtigen Eigenschaften der Holzarten** 433

§ 127. Übersicht 433

I. Die Fähigkeit der Holzarten Schatten zu ertragen 433

§ 128. Geschichtliches 433
§ 129. Die praktische Bedeutung der Fähigkeit des Schattenertragens 440
§ 130. Die Ergebnisse von Versuchen. Neue Reihenfolge der Holzarten 442

II. Die Transpiration 446

§ 131. Bedeutung und Größe der Transpiration 446

III. Die Bewurzelung 451

§ 132. Allgemeines 451
§ 133. Die Bewurzelung der Pflanzen in der frühesten Jugendperiode 454

§ 134. Die Bewurzelung älterer Bäume im geschlossenen Bestande 458
§ 135. Die Zeit des Wurzelwachstums 460

IV. Die Lebensdauer der Holzarten 460
§ 136. In normalen Verhältnissen 460
§ 137. Die Verkürzung der Lebensdauer durch Gefahren und Schädigungen 461

V. Die Fortpflanzung der Holzarten 463
§ 138. Das Samentragen der Waldbäume 463
§ 139. Die Ursachen des Blühens und Samentragens . . 465
§ 140. Stockausschläge, Wurzelausschläge, Absenker . . . 468

VI. Das Verhalten der Holzarten im geschlossenen Bestande 470
§ 141. Der Kronenschluß 470
§ 142. Physikalische Wirkungen des Kronenschlusses . . . 474
§ 143. Die chemische Einwirkung des Bestandesschlusses auf den Boden 476
§ 144. Die tatsächlichen Schlußverhältnisse im großen Betrieb 477

VII. Die Wachstumsverhältnisse 478
§ 145. Die Stammzahl in normal bestockten Beständen 478
§ 146. Die Baumklassen im geschlossenen Bestande . . 485
§ 147. Der Hauptbestand und der Nebenbestand . . . 495

Das Stärkewachstum im normal geschlossenen Bestande 496
§ 148. Allgemeines. 496
§ 149. Die Stammgrundfläche ganzer Bestände . . . 498
§ 150. Die durchschnittliche Stammstärke 505
§ 151. Die Altersperiode des höchsten Stärkewachstums im geschlossenen Bestande 509

Das Höhenwachstum 510
§ 152. Allgemeines 510
§ 153. Das Höhenwachstum in der frühesten Jugendperiode 512
§ 154. Die Dauer des Höhenwachstums junger Pflanzen während der Vegetationszeit 524
§ 155. Die jährlichen Höhentriebe 527
§ 156. Das Höhenwachstum im geschlossenen Bestande vom 20. bis 120. Jahre 531
§ 157. Die Altersperiode des größten Höhenwachstums im geschlossenen Bestande 540

Das Massenwachstum normal geschlossener Bestände 543
§ 158. Allgemeines 543
§ 159. Der Hauptbestand 544
§ 160. Der Ertrag der Abtriebsnutzung und der Vornutzungen oder die gesamte Wachstumsleistung 557

§ 161. Die Altersperiode des höchsten Massenwachstums 558
§ 162. Das Wachstum im gemischten Bestande 567
§ 163. Das Wachstum im lichten Bestande 571
Das Wachstum im Freilande 572
§ 164. Allgemeines 572
§ 165. Die Kahlschlagfläche insbesondere 578
§ 166. Die Astreinheit der Bestände 590
§ 167. Die Abnahme des Durchmessers mit der Höhe der Bäume 605
Form und Sortimente des geschlossenen Bestandes 608
§ 168. Ergebnisse des praktischen Betriebes 608

II. Teil. Die wirtschaftlichen Grundlagen der waldbaulichen Produktion.

I. Die waldbauliche Produktion im allgemeinen 612
§ 169. Übersicht 612
II. Der Boden 613
Wert und Preis des Waldbodens 613
§ 170. Allgemeines 613
§ 171. Tatsächlicher Wert und Preis des Waldbodens . . 615
III. Der Holzbestand 617
§ 172. Allgemeines 617
§ 173. Der normale Holzvorrat 619
§ 174. Die Größe des wirklichen Vorrats 625
§ 175. Abgabesatz und Nutzungsprozent 627
IV. Die Arbeit bei der waldbaulichen Produktion 630
§ 176. Allgemeines 630
§ 177. Der tatsächliche Arbeitsaufwand 632
V. Die Produktion für den eigenen Bedarf und für den Markt 633
§ 178. Die Produktion für den eigenen Bedarf 633
§ 179. Die Produktion für den Markt 635
VI. Die Produktion von Brenn- und Nutzholz 636
§ 180. Die Produktion von Brennholz 636
Nutzholzbedarf. Nutzholzgewinnung. Nutzholzzucht 637
§ 181. Geschichtliches 637
§ 182. Der Nutzholzabsatz seit dem Jahre 1900 643
§ 183. Die Bedingungen der Nutzholzwirtschaft 649

VII. Der Preis des Holzes 651
§ 184. Allgemeines 651
§ 185. Die höchsten Wald- und die höchsten Marktpreise in Deutschland 651
§ 186. Die durchschnittlichen Holzpreise in Deutschland . 652
§ 187. Die Holzpreise in Österreich-Ungarn 654
§ 188. Holzpreise in der Schweiz 657
§ 189. Die Preisverhältnisse einzelner Sortimente 658
§ 190. Die Bewegung der Holzpreise 660

VIII. Die wirtschaftliche Lage des Waldbesitzers 661
§ 191. Der Bedarf an verschiedenen Walderzeugnissen . . 661

Einleitung.

§ 1. Waldwirtschaft und Volkswirtschaft.

In Städten, Dörfern, Weilern und Einzelhöfen hat die Bevölkerung der einzelnen Länder und Landesteile sich angesiedelt. Bei geringer Fruchtbarkeit des Bodens sind die Wohnsitze der Landwirtschaft treibenden Dorfbewohner weit (6—8—10 km) von einander entfernt. Weideflächen wechseln mit Äckern, Wiesen und Wäldern; die weiten Entfernungen von den Wohnsitzen führen zum extensiven Betrieb der Landwirtschaft. Anders im fruchtbaren Gebiete: nur 2—3 km beträgt die Entfernung zwischen den einzelnen Dörfern; nicht selten ziehen sich die Ansiedelungen durch die ganze Flur hin, so daß die Dörfer zusammenhängend erscheinen. Kein Fleck des Feldes ist unangebaut; gartenmäßige Benützung des Ackerlandes läßt die Intensität der Wirtschaft erkennen. Die Weiden und vielfach auch die Wälder sind verschwunden, an ihre Stelle ist das Acker- und Gartenland, auch das Wiesland getreten. Nur von den Höhenzügen und von den Berghalden mit ihren Schluchten schaut der Wald noch hernieder, weil dort der intensive Anbau sich in der Regel nicht durchführen läßt.

Wo die steilen und weniger fruchtbaren Hänge den Hauptteil des Geländes ausmachen, hat der Wald in großen zusammenhängenden Flächen sich erhalten. Es sind die „Waldgegenden", die Bergzüge des Mittel- und Hochgebirges, in denen der größte Teil der Fläche von Wald bedeckt blieb. Nur ein schmaler Streifen Landes ist im Tale dem Acker- und Wiesenbau gewidmet. Dazu kommen noch ebene Stellen im Walde, die gerodet und zu Gras- und Ackerland umgeschaffen wurden.

Wieder ein anderes Bild gewähren die Gegenden, in welchen die heutige Industrie ihre Stätte gefunden hat. Aus ehemaligen kleinen Dörfern sind reich bevölkerte Städte geworden, die sich immer mehr ausbreiten, ehemaliges Acker- und Wiesland bedecken und den Bewohnern oft nur ein kleines Stück Land als Garten übrig lassen.

Brenn-, Bau- und Werkholz hat die Bevölkerung überall nötig. Nur der Umfang des Bedarfs wechselt mit der Dichtigkeit der Besiedelung oder den Ansprüchen der Industrie. Gras, Laub, Nadeln, Moos, Heidelbeere, Heide dienen dem kleinen Landwirt da und dort als Zuschuß zum Strohertrag seines oft kärglichen Ertrag liefernden Gutes.

Die für die städtische und industrielle Bevölkerung so wichtige Sorge für die Gesundheit hat dem Walde als Aufenthalts- und Erholungsort eine früher kaum gekannte Bedeutung verliehen. Den „Stadtwald" haben manche Städte mit großen Opfern erworben, da und dort auch neu geschaffen. Anderwärts hat der Wald wieder an Ausdehnung verloren, wo der Klasse der Industriearbeiter aus sozialen Gründen ein Stück Land zu eigener Bebauung von der Gemeinde zugewiesen wurde. Perioden der Rodungen wechseln mit Perioden der Aufforstungen.

Mit der Zunahme der Bevölkerung sind die Bedürfnisse, die aus dem Walde befriedigt werden sollen, gewachsen, während der Wald in den schon länger kultivierten Ländern an Ausdehnung ungefähr gleich geblieben ist. Von derselben Waldfläche muß je nach Landesgegenden die zwei-, drei-, sechs- und mehrfache Bevölkerung mit Holz versorgt werden.

In vielen Ländern reichen die Erzeugnisse des Waldes nicht mehr hin zur Deckung des Bedarfs. So muß z. B. der Süden und Westen von Europa vom Osten und Norden einen großen Teil des nötigen Holzes einführen.

In die Aufgabe der Holzversorgung teilen sich verschiedene Waldbesitzer: der Staat, die Gemeinden und Genossenschaften, die Privaten. Sie verwenden die Erzeugnisse des Waldes im eigenen Haushalt, oder sie geben den Überschuß gegen Bezahlung zur Befriedigung fremden Bedarfs ab. Je nach dem Vorherrschen des Groß- oder Kleinbesitzes wird dieser Vorgang der Verteilung sich verschieden gestalten.

Treten wir in den Wald der verschiedenen Besitzer selbst ein. Mannigfaltig sind die Bilder, die an uns vorüberziehen. Bald Laub-, bald Nadelholz, bald reine, bald gemischte Bestände, bald ausgedehnte Flächen mit gleicher Bestockung, bald ein bunter Wechsel von Waldformen, Holzarten und Altersklassen, wie hier die Natur sie gegeben, dort die Kunst menschlicher Wirtschaft sie geschaffen hat.

Wie die ganze Volkswirtschaft, so steht auch die Waldwirtschaft unter dem Einfluß der allgemeinen politischen und sozialen Strömungen.

Die französische Revolution von 1789 und die Lehre von Adam Smith brachten die Freiheit der Privatwaldwirtschaft. Der Reichsdeputationshauptschluß von 1803 vermehrte durch die Aufhebung der Klöster den Waldbesitz der Landesherrn, der bei Erlaß der Verfassungen größtenteils in Staatsbesitz umgewandelt wurde. Die Gesetzgebung über die Zölle und die Handelsverträge beeinflussen den internationalen Verkehr von Holz und Holzwaren. Die Erbauung von Eisenbahnen und die Anlage von Wasserstraßen setzen die Kosten für den Transport des Holzes herab. Die Verwendung von Torf und fossiler Kohle, sowie von Stein und Eisen machen das Holz für manche Zwecke entbehrlich,

während andererseits die gestiegene Industrie immer neue Gebiete für die Verwendung des Holzes eröffnet.

Die allgemeinen volkswirtschaftlichen und rechtlichen Anschauungen spiegeln sich auch in den Gesetzen über das Forstwesen wieder.

Der Stand der Wissenschaft, insbesondere der Naturwissenschaft, lenkt, wie in der gesamten Volkswirtschaft, so auch in der Waldwirtschaft, die technische Ausführung, wie die ökonomische Auffassung in neue Bahnen ein.

Die Waldwirtschaft, die waldbauliche Produktion steht also im engsten Zusammenhang mit den volkswirtschaftlichen Zuständen eines Landes und der einzelnen Landesgegenden. Innerhalb dieser allgemeinen Verhältnisse ist der Forstwirt berufen, seine Tätigkeit zu entfalten. Diese wird eine ersprießliche nur dann sein, wenn sie den eben vorhandenen natürlichen und ökonomischen Zuständen angepaßt ist.

Die natürlichen und volkswirtschaftlichen Verhältnisse sind gegeben. Es liegt nicht in der Macht des Waldbesitzers oder des Forstwirts, sie in bedeutendem Grade zu ändern.

Sie sind nach Ländern und Landesteilen verschieden und ändern sich im Laufe der Zeit. Daher ist die Wirtschaft zur selben Zeit verschieden nach Gegenden und zu verschiedenen Zeiten verschieden in derselben Gegend.

Der Zusammenhang zwischen Volkswirtschaft und Waldwirtschaft und die Einwirkung der ersteren auf die letztere muß nun im einzelnen näher dargelegt werden. Dabei werden nicht Theorien irgend welcher Art, sondern die tatsächlichen Verhältnisse der Wirtschaft und die Vielgestaltigkeit der waldbaulichen Zwecke und Aufgaben den Ausgangspunkt dieser Untersuchung zu bilden haben.

§ 2. Der Wald im Wirtschaftsleben des Volkes.

1. Die Beobachtung des täglichen Lebens muß zeigen, welchen Zwecken im einzelnen der Wald vom Menschen dienstbar gemacht wird. Je nach dem Zwecke wird die Bedeutung des Waldes verschieden sein. Der Zweck muß für die Wirtschaft entscheidend werden.

Die Bedürfnisse sind nicht in jedem Lande dieselben; sie ändern sich auch von Zeit zu Zeit bald nur für kleine, bald nur für große Betriebe, wofür einige Belege angeführt werden sollen.

Im kälteren Norden ist ein großer Teil des im Walde erwachsenen Holzes zur Erwärmung der Wohnräume im Winter nötig. Im warmen Süden ist der Bedarf an Brennholz gering. Auch das Nutzholz tritt zurück, da die Häuser wegen der Hitze im Sommer fast ganz aus Stein erbaut werden. Wo Steinkohlen oder Torf billig zu erhalten sind, wird das Brennholz im Walde weniger gesucht sein; in den sehr dicht bevölkerten Gegenden von Rheinland und Westfalen herrschen niedere

Brennholzpreise. In Gegenden mit dünner Bevölkerung, in abgelegenen, schwer zugänglichen Waldgebieten sieht man einen nicht unbeträchtlichen Teil des Holzes unbenutzt verfaulen. In dicht bevölkerten Landstrichen wird das Stockholz gerodet, alles Reisig gesammelt; sogar kleine Späne werden mit dem Besen zusammengekehrt und in einem Tuche nach Hause getragen (Gegend von Zürich). Vor 60 Jahren waren auch in den Städten die meisten Häuser aus Holz erbaut, wie es heute noch in großen Waldgebieten, im Hoch- und Mittelgebirge der Fall ist. Bis zur Einführung der Stallfütterung und zum Anbau von Futterkräutern wie Klee, Wicken etc. auf dem Ackerlande war der Wald überall als Weideplatz für das Vieh gesucht; eine Nutzung, die sich in höheren Lagen des Hügellandes, in einem großen Teil der Mittelgebirge und wohl durchweg im Hochgebirge erhalten hat. Im Walde der Fürsten und Klöster war den Einwohnern und Untertanen ein weitgehendes Recht auf Holz- und Weidenutzung eingeräumt, weil es eine Bedingung der Existenz der Bevölkerung war. Mit der Säkularisation des Klosterguts und dem Übergang der Klosterwaldungen an den Staat, der keine unmittelbaren Bedürfnisse hat, sind die Weidenutzungen vielfach in Wegfall gekommen. Nur landwirtschaftliche Notjahre, in denen wie 1893 wegen zu großer Trockenheit der Gras- und Heuertrag sehr gering ist, lassen es als einen Akt der Staatsklugheit erscheinen, die Wälder für die Weide wieder zu öffnen. Seitdem die Papierfabriken auch astiges und geringwertiges Gipfelholz für ihre Zwecke verwenden, ist die Bevölkerung in der Nähe von Fichtenwaldungen vielfach auf die Benutzung des Reis- und Stockholzes angewiesen, wenn sie ihren Bedarf an Brennholz decken will. Die Herstellung von Konserven und der ausgedehnte Anbau von Erbsen etc. hat für das schwache Reisig einen lokal starken Bedarf hervorgerufen (Gegend von Hildesheim, Lenzburg), während die Anzucht von Eichenrinde in den meisten deutschen Gegenden durch die Einfuhr billiger ausländischer Rinde unrentabel geworden ist. Seitdem die Wellen mit billigem Draht oder Hanfschnüren gebunden werden, ist der Bedarf an Weiden und andern als Bandmaterial geeigneten Holzarten in manchen Gegenden gesunken, die Anzucht und Erhaltung der dazu bestimmten Holzarten ist unnötig geworden.

Da die Hopfenzucht im allgemeinen weniger lohnend geworden ist, hat der Bedarf an Hopfenstangen sich vermindert, dagegen gleichzeitig die Nachfrage nach Masten für die elektrischen Leitungen sehr stark zugenommen. Der größere Wohlstand der Bevölkerung hat zu einer steigenden Verwendung von Eichenholz, Ahornholz zum Einbau der Wohnungen und zur Herstellung von Möbeln geführt, was ein rapides Steigen der Eichenpreise, insbesondere der zur Herstellung von Fournieren geeigneten Sortimente, hervorgerufen hat. Die Großstädte haben einen hohen Bedarf an Christbäumen, der für Berlin zum Teil aus dem

Fichtelgebirge gedeckt wird. Neuerdings sind besondere Christbaumwaldungen entstanden (Gegend von Hamburg), die sehr hohe Erträge abwerfen und die Kosten für die Kultivierung öden Heidelandes reichlich ersetzen. Andernorts bietet der Bedarf an Christbäumen und Deckreisig eine willkommene Gelegenheit, zu dichte Fichten- und Tannenjungwüchse zu verdünnern und zugleich die Mischung des jungen Bestandes zu regulieren (Stadtwald von Winterthur). Die starke Nachfrage nach Deckreis und Dekorationsreisig hat für die Verwertung sehr astiger oder beschädigter Vorwüchse, oder verkümmerten Unterwuchses ein neues, lohnendes Feld eröffnet.

2. Bei den ersten Ansiedelungen war der Wald vorhanden; er mußte vielfach gerodet werden, um Raum für die Niederlassungen, für Acker-, Wies- und Weideland zu gewinnen. In den erst jetzt der Kultur erschlossenen Ländern von Afrika und Amerika wiederholt sich dieser Vorgang täglich vor unsern Augen. Es ist der „Urwald", in dem die Farm erbaut und das nötige Bau-, Brenn- und Werkholz geholt wird. Diese Nutzungen im Walde sind qualitativ überall und zu allen Zeiten dieselben, nur in quantitativer Beziehung treten Änderungen nach Zeit und Ort ein. Auch die sonstigen nachher zu nennenden Nutzungen sind fast überall zu treffen. Der Unterschied, der ins Gewicht fällt, besteht nur darin, daß in der einen Gegend diese oder jene Nutzung wichtiger ist als die andern, und daher der ganzen Wirtschaft eine besondere Richtung gibt (Haubergswirtschaft im Kreise Siegen; Weidewirtschaft im Gebirge).

Für die wissenschaftliche Untersuchung und die praktische Anwendung begründet es aber keinen Unterschied, ob die Nutzung eine größere oder geringere Bedeutung hat. Die Bedingungen für eine erfolgreiche Weidenkultur müssen bekannt sein, ob es sich um ausgedehnte Weidenanlagen oder die Bepflanzung eines schmalen Bachufers handelt. Die Wirkung des Waldfeldbaus auf den Boden muß klargestellt sein, ob dieser, wie bei der ausgedehnten Hackwald- und Reutbergwirtschaft Badens auf großen Flächen oder auf einem schmalen Streifen an der Eisenbahnlinie betrieben wird. Sehen wir uns nun in unsern Wäldern und bei ihren Besitzern etwas genauer um. Welche Auffassung haben diese vom Walde und der Waldwirtschaft? Welche Gesichtspunkte sind für sie bei der Einrichtung der Wirtschaft maßgebend?

3. Das augenfälligste und in der Regel wichtigste Produkt des Waldes ist das Holz. Das ganze Volk wird, wie der einzelne Besitzer, im Walde diejenigen Holzarten und Holzsortimente zu erziehen suchen, welche für den allgemeinen Bedarf oder bestimmte Zwecke notwendig sind. Diese Aufgabe kann in bestimmten Gegenden sehr einfach sein. So in hohen Lagen, wo nur die Fichte oder Arve und Lärche, oder auf magerem Sandboden, wo nur die Föhre ihr Gedeihen findet. Wo aber

Laub- und Nadelhölzer auf fruchtbarem Boden wachsen und 12, ja 20 und mehr Holzarten sich finden und berücksichtigt werden müssen, wird die Aufgabe schon sehr kompliziert werden. Kommt dazu noch, daß die Nachfrage zur Anzucht der verschiedensten Sortimente nötigt, so wird eine sehr detaillierte waldbauliche Tätigkeit erfordert. In den obersten Lagen des Hochgebirges wird der gefällte Stamm in Bauholz, Sägholz und Brennholz zerschnitten, das Reisig bleibt vielfach, das Stockholz in der Regel unbenutzt. Dort hat man es mit einer oder auch mit zwei bis drei Holzarten und etwa drei Sortimenten zu tun. Wenige Kilometer vom Gebirge können schon sehr verschiedenartige Bestände sich finden. So sieht man in manchem Reviere am Bodensee 32 Hauptholzarten vertreten und (gegenwärtig) 167 verschiedene Sortimente aufbereitet im Walde liegen.

4. Wo die Landwirtschaft der klimatischen Verhältnisse wegen auf Grasnutzung und Viehzucht angewiesen ist, wo der Heuertrag der Talwiesen kaum zur Ernährung des Viehes im Winter ausreicht, wie dies im Hochgebirge allgemein, im Mittelgebirge vielfach der Fall ist, oder wo der kleine Mann seine Kuh nur erhalten kann, wenn ihm die Benutzung von Weideflächen oder die Gewinnung einiger Trachten Heu dies ermöglicht, da ist der Wald nicht wegen des Holzes, sondern wegen des Grases geschätzt, das im Schatten und unter dem Schutze der Waldbäume gedeiht und abgemäht oder abgeweidet wird.

In Gebirgsgegenden (um den Gotthard, in Graubünden, Tirol) wird regelmäßig das Laub, manchmal mit den dünnen Zweigen von Ahorn, Eschen, Ulmen zur Fütterung der Ziegen und auch des Rindviehs während des Winters verwendet. In Ungarn war früher das Verfüttern von Laub ebenfalls üblich und hat dort den Vorschlag hervorgerufen, besondere Futterlaubwaldungen anzulegen. Im Notjahr 1893 hat man ebenfalls Laub und Zweige verfüttert, und ein besonderes Verfahren, Holz zu dämpfen und es zum Füttern tauglich zu machen, ersonnen.

Die Bedeutung dieser Nutzungen für den Waldbau ergibt sich daraus, daß sie besondere Betriebsarten hervorgerufen haben: den Plenterbetrieb bei Weidenutzung, den Schneitel- und Niederwaldbetrieb bei der Futterlaubgewinnung.

In der Nähe großer Städte ist die Benutzung von Zierlaub (Ahorn, Roteichen, Thuja etc.) von Wichtigkeit geworden; die Anzucht von solchem liefert ansehnliche Erträge. Von Halstenbeck bei Hamburg werden die Zweige von Thuja bis nach Schweden versandt.

5. Wohl in allen Ländern gibt es Gebiete von größerer oder geringerer Ausdehnung, in welchen die Landwirtschaft die nötige Einstreu für das Vieh und den erforderlichen Dünger nicht selbst zu produzieren im stande ist. Sie muß einen Zuschuß aus dem Walde erhalten. Laub, Nadeln, Moos, Heidelbeere, Heide, die oberste Erdschicht in der Form

der Plaggen müssen aus dem Walde abgegeben werden, um den Betrieb der Landwirtschaft zu ermöglichen, ja manchmal um die Existenz der Bewohner überhaupt zu sichern (Holzhauerkolonien im Gebirge, in der schlesischen Lausitz). Die Verringerung des Holzwuchses und die Bodenerschöpfung sind unvermeidliche Nachteile dieser Waldbenutzung. Die Aufgabe der Wirtschaft in Gemeinde- und Privatwaldungen, manchmal auch in Staatswaldungen besteht darin, die Nutzung möglich zu machen, ohne daß die Existenz des Waldes bedroht wird. Es ist deshalb schon der Gedanke aufgetaucht, besondere Streuwaldungen an Orten anzulegen, wo die natürlichen Verhältnisse eine Verarmung des Bodens nicht befürchten lassen (Überschwemmungsgebiet der Aare im Berner Oberland).

6. Die vorübergehende Benutzung des Waldbodens zum Ackerbau beim Waldfeldbau, bei der Hackwald-, Röderland- und Reutbergwirtschaft, endlich die dauernden Rodungen des Waldes, die mit den Ernteerträgen des Feldes in ihrer Ausdehnung schwanken, zeigen, daß der Waldboden noch fast überall von der Bevölkerung als Reserveland für die landwirtschaftliche Benützung, insbesondere für den Anbau von Nahrungsmitteln betrachtet wird.

7. Die Nutzbarmachung von ertragslosem Ödland (Heideland, Dünen, Flugsand, Rutschflächen, Steinfelder, Überschwemmungsgebiete) ist vielfach nur durch die Waldkultur möglich. Bei Danzig hat der Staat neue Oberförstereien errichtet, deren Gebiet vorerst fast nur aus Ödland besteht.

Die gegenwärtige Arbeiternot verbietet an vielen Orten die Bebauung entlegener, gering rentierender Außenfelder, die jetzt in großer Ausdehnung dem Walde zufallen.

Im Westerwalde werden ausgedehnte Ödländereien in Weiden umgewandelt. Man geht dort neuerdings so vor, daß man die schlechten Teile, die sich zu Weideanlage nicht eignen, den Gemeinden zur Aufforstung empfiehlt. Diese neu aufzuforstenden Flächen werden sofort in die ertragsfähigen Flächen miteinbezogen, so daß die Gemeinden gleichzeitig eine erhöhte Holznutzung und damit höhere Einnahmen aus dem Walde erhalten. Diese sollen dazu verwendet werden, den übrigen Teil des Ödlands in Fettweiden umzuwandeln.

„Der Wald spielt also gewissermaßen den Bankier für die Gemeinde und liefert allmählich die Mittel zur Instandsetzung der Viehweiden. Gerade dieser Modus, der erst seit zwei Jahren (1909) eingeführt ist, findet viel Anklang bei der Bevölkerung und hat schon viele Gemeinden veranlaßt, den Beschluß zur Verbesserung der Viehweiden zu fassen [1])“.

[1]) Jahrb. der deutschen Landw.-Ges. 26, 5 II. Bericht über die 26. Wanderversammlung in Kassel.

8. Die Jagdnutzung spielt in manchen Gegenden eine Rolle. Daß der Waldbau da, wo ein starker Wildstand erhalten werden soll, besondere Aufgaben zu lösen hat, zeigen die vom Hochwild geschälten Bestände und die vom Wilde abgebissenen jungen Pflanzen. Anzucht bestimmter Holzarten, Sorge für Nahrung des Wildes durch Gras, Baumfrüchte und gefällte Bäume, Eingatterung der Verjüngungsflächen, besondere Art der Reinigungshiebe, Durchforstungen und Verjüngungsschläge, Gewährung von Schutz durch dichte Jungwüchse — dies alles sind Maßregeln, die im Interesse der Jagd getroffen werden müssen. Die ganze waldbauliche Tätigkeit wird dadurch beeinflußt und in bestimmter Richtung abgelenkt.

9. Für Gemeinden und Privatwaldbesitzer bietet der Wald Gelegenheit zu Arbeit und Verdienst. Kleinbauern, die im Winter durch die Landwirtschaft nicht in Anspruch genommen sind, Handwerker (Zimmerleute, Maurer), die in der kalten Jahreszeit ohne Beschäftigung wären, endlich die ständigen Waldarbeiter können durch die Tätigkeit im Walde ihren Unterhalt finden. Die Sorge für sicheren Verdienst wirkt auf die waldbaulichen Maßregeln ein (Verteilung der jährlichen Hiebe und Kulturflächen), wie andererseits der vielfach auftretende Mangel an Arbeitern zu Änderungen in der Wirtschaft zwingt (Unterlassen von Reinigungshieben, Durchforstungen, Entwässerungen, Wegbauten, Einschränkung der künstlichen Verjüngung etc.).

Die Verwertung der Gespanne und Arbeitskräfte zu Holzfuhren während der Wintermonate ist für manchen Bauern von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

10. Gemeinden und Private, die über den eigenen Bedarf Holz produzieren, und der Staat, welcher einen geringen unmittelbaren Bedarf an Holz hat, verkaufen jährlich das entbehrliche Holzquantum. Dadurch wird der Wald zu einer Geldeinkommensquelle. Die Wirtschaft sucht daher diejenigen Holzarten und Sortimente zu erziehen, welche auf dem Markte besonders begehrt sind, die höchsten Preise erzielen und die größten Gelderträge liefern. Der Bedarf an Holz und die Holzpreise ändern sich mit den allgemeinen volkswirtschaftlichen Verhältnissen, sind vom Aufschwung oder Niedergang von Gewerbe und Handel beeinflußt; die Geldeinnahmen erhalten einen unregelmäßigen, schwankenden Charakter. Die Ungleichheit der Gelderträge ist für die meisten Waldbesitzer nicht erwünscht, wodurch wieder Änderungen in der Wirtschaft und der waldbaulichen Tätigkeit hervorgerufen werden.

Die Schwankungen der Material- und der Gelderträge lassen sich aber nie ganz beseitigen; in der Waldwirtschaft ebensowenig als in der Landwirtschaft, im Gewerbebetrieb oder in der Eisenbahn- und Postverwaltung. Zur Ausgleichung solcher unvorhergesehener Ausfälle im Ertrag wurden in früheren Jahrzehnten Reservewaldungen aus-

geschieden, die eine besondere waldbauliche Behandlung erforderten. Wegen der hierbei sich ergebenden Schwierigkeiten hat Zschokke[1]) schon 1806 Reservekassen, statt Reservewaldungen vorgeschlagen. Gerade 100 Jahre später ist ein Forstreservefonds, zunächst für Staatswaldungen, empfohlen worden.

Die Einnahmen aus dem Walde bilden wohl kaum einmal die einzige Einnahmequelle des Waldbesitzers, sie sind vielmehr nur ein Zuschuß zu den sonstigen Einkünften (Schweizer Waldbetriebe). Nach einer guten Ernte schlägt daher der bäuerliche Waldbesitzer weniger Holz für den Verkauf, als wenn er den Ausfall, den ein ungünstiges Jahr ihm gebracht, durch die Zubuße aus dem Wald decken will.

11. Besondere Wichtigkeit erlangt der Wald als Bestandteil des Vermögens der Besitzer, das nicht verringert, sondern womöglich vergrößert werden soll. Beim Staatsbesitze tritt diese Eigenschaft nicht in dem Grade hervor, wie beim Besitze der Gemeinden und Korporationen, sowie bei den Fideikommissen. Die Eigentümlichkeit des Waldvermögens zeigt sich u. a. in der Beleihung der Waldungen. Die bisherige Auffassung ging meistens dahin, daß nur der Grund und Boden, nicht aber der Waldbestand bei der Sicherstellung des geliehenen Kapitals in Betracht komme.

Die Erhebungen über die Lage des Bauernstandes, wie sie der Verein für Sozialpolitik in den 1880er Jahren anstellte und die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft seit 1906 ausführt, haben noch eine andere Auffassung des Waldbesitzes und Waldvermögens zur Kenntnis weiterer Kreise gebracht. Der Waldbestand ist für den Bauern eine Kapitalanlage, die ihm eine sichere jährliche Rente, nämlich den unentgeltlichen Bezug von Holz gewährt. Dieses Kapital in der Form von Holz kann nicht so leicht flüssig gemacht werden wie ein Geldkapital, es steht aber dem Besitzer für besondere Fälle des Bedarfs (Erbteilung, Hofübernahme, Hagelschlag, Überschwemmung, Brandfall etc.) zur jederzeitigen freien Verfügung. Von ähnlicher Auffassung gehen auch Gemeinden und Genossenschaften aus, welche Überschüsse an Geldkapital in Wald anlegen. Auch die Vergrößerung des Staatswaldbesitzes beruht zum Teil auf ähnlichen Erwägungen. Wo die Feuersgefahr besonders groß ist (Holzbauten in Gebirgsländern) wird ein Teil des Waldes von den Gemeinden besonders reserviert, um bei eintretenden Brandfällen den Gemeindemitgliedern das Bauholz unentgeltlich abgeben zu können. Der Vorschlag in den älteren Forsteinrichtungswerken, Reservebestände auszuscheiden, ist einem ähnlichen Gedankengange entsprungen. Der beabsichtigte Zweck wird in allen diesen Fällen nur durch Erhaltung der tauglichen oder wertvollen älteren Bestände

---

[1]) Gebirgsförster 2, 180.

erreicht werden, also zur Ansammlung von Altholzbeständen Veranlassung geben. Die Sorge vor Verlusten an diesem Altholzvorrat und die Deckung des nötigen Holzbedarfs aus anderen Beständen wird zu einer besonderen Wirtschaft führen müssen. Wo statt des Naturalreservefonds ein Geldreservefonds gebildet wird, sind umgekehrt in der Regel gerade die alten Bestände zum Hiebe bestimmt und Mehrnutzungen vorgesehen.

12. In fast allen Gegenden, vorzugsweise allerdings im Hochgebirge, dient der Wald als Schutzwald. Lawinen zu verhindern, herabfallende Steine und Felsmassen zurückzuhalten, Erdfälle zu verhüten, den Abfluß des Regen- und Schmelzwassers zu verlangsamen ist eine Hauptaufgabe des Waldes im Gebirge. Sandwehen und Dünenbildung zu verhindern, die Wucht der Wellen zu brechen, die Gewalt der Winde und Stürme zu mindern, den Kulturpflanzen Schutz zu gewähren, bildet die Rolle des Waldes an der Küste, und auch im Innern des Landes, sofern irgendwo Flugsandbildung droht. Abschwemmen und Verödung des Bodens zu verhindern muß nicht nur im Hoch- und Mittelgebirge, sondern auch im Hügellande und in der welligen Ebene als Aufgabe des Waldes betrachtet werden. Diese Rolle des Waldes hat die Bevölkerung schon vor Jahrhunderten erkannt; daher hat sie im Gebirge die Bannwälder geschaffen und durch besondere Vorschriften vor der Vernichtung geschützt, dasselbe was man heute durch den Schutzwald erreichen will.

In diesen Fällen gilt es vor allem, den Wald an bestimmten Stellen zu erhalten und seine ununterbrochene Wirksamkeit zu sichern (Plenterwald).

13. Die Ansammlung der Bevölkerung in den Städten und die Beschäftigung der industriellen Arbeiterschaft in geschlossenen Fabrikräumen, die Entwickelung von Steinkohlen- und Rauchgasen hat die Gesundheit großer Volksteile ungünstig beeinflußt. In der frischen, reinen Waldluft sollen sie Erholung und Stärkung finden. Spazierwege, Ruhestellen, Spielplätze werden im Walde angelegt, Waldschulen, Walderholungsheime, Ferienheime errichtet, Luftkurorte im Walde gegründet und eigentliche Walddörfer erbaut. Die hygienische Wirkung des Waldes wird immer mehr geschätzt und für die weitesten Kreise nutzbar gemacht. Kurorte betonen in ihren Empfehlungsschreiben ausdrücklich, daß Waldungen in unmittelbarer Nähe gelegen seien. Sie erwerben eigene Waldungen, um sie ganz frei im Interesse der Kurgäste bewirtschaften zu können.

Verbunden werden hiemit in der Regel die Bestrebungen für die Verschönerung des Landschaftsbildes und des Waldes selbst.

Diese Ziele können nur durch besondere waldbauliche Maßregeln erreicht werden. Schöne Bäume und ganze Bestände von seltener Beschaffenheit müssen erhalten bleiben; die Waldbilder müssen mannigfaltig gestaltet, Durchhiebe müssen gemacht werden, um Aussichts-

punkte offen zu halten; Wasserflächen (Teiche, Bäche, Quellen) müssen gepflegt; durch Anpflanzung besonderer Holzarten muß ihre Umgebung verschönert werden.

14. Im Kriege hat der Wald seit den ältesten Zeiten der Bevölkerung als Schutzwall und Zufluchtsort gedient. Die Grenzwaldungen, die Landwehren des Mittelalters, erfordern auch heute noch Beachtung und unter Umständen besondere Bewirtschaftung.

15. Für Elsaß-Lothringen ist neulich nachgewiesen worden, daß sämtliche Wirtschaftssysteme von der Weide- und wilden Feldgraswirtschaft bis zum Fruchtwechselsystem heutzutage dort in Anwendung sind. Die natürlichen und volkswirtschaftlichen Verhältnisse in den Hochvogesen einer- und in der Rheinebene andererseits führen zu dieser verschiedenen Bewirtschaftung.

Wenn wir ein Land mit verschiedenen natürlichen und wirtschaftlichen Verhältnissen überblicken, werden uns auch verschiedene Wirtschaftsarten im Walde begegnen: Hoch- und Plenterwald, Nieder- und Mittelwald, verschiedene Holzarten, dichter und lichter Schluß bis zum Einzelstand, Altholz und Starkholz, neben schwachen Sortimenten; Waldfeldbau und Weidewirtschaft neben dem Parkwalde etc.

Diese Betriebsarten sind nicht immer der Willkür des Waldbesitzers entsprungen, sondern durch die gegebenen Verhältnisse, d. h. die natürlichen und volkswirtschaftlichen Zustände hervorgerufen.

Natürliche und volkswirtschaftliche Verhältnisse in ihrem Einfluß auf die Waldwirtschaft.

§ 3. Uebersicht.

1. Unter der Bezeichnung „allgemeine Verhältnisse" pflegt man eine Anzahl von Faktoren zusammenzufassen, die auf die ganze Wirtschaft einen entscheidenden Einfluß ausüben. Diese lassen sich in zwei Gruppen teilen: in natürliche und wirtschaftliche Faktoren.

Die von natürlichen Faktoren abhängigen Verhältnisse sind:

1. Die Flächenausdehnung des Waldes;
2. die Verteilung des Waldes über das Land hin;
3. die Lage der Waldungen;
4. die geologischen Formationen und die Bodenarten;
5. das Klima.

Die volkswirtschaftlichen Faktoren der Waldwirtschaft sind:

6. die Bevölkerung;
7. die Handels- und Verkehrsverhältnisse;
8. die Art und die Größe des Waldbesitzes;
9. die rechtlichen Verhältnisse;
10. die historische Entwicklung der Wirtschaft.

Diese Faktoren können in der verschiedensten Weise zusammenwirken, sich in ihrem Einfluß verstärken oder abschwächen. An einem bestimmten Orte ist dies in bestimmter Weise der Fall. Den natürlichen und wirtschaftlichen Verhältnissen muß die Waldwirtschaft angepaßt sein.

Man wird nicht in rauhem Klima exotische Holzarten anbauen können, die in warmen Gegenden heimisch sind. In waldreichen und dünn bevölkerten Ländern wird man keinen intensiven Durchforstungsbetrieb einführen können, wenn ein Teil des Holzes ungenutzt im Walde verfault.

Aufgabe der wissenschaftlichen Forschung ist es, die Bedeutung der einzelnen Faktoren für sich und in ihrem Zusammenwirken zu ermitteln und ihren Einfluß auf die Wirtschaft im ganzen wie auf die einzelnen waldbaulichen Maßregeln nachzuweisen.

2. Die Lehrbücher über Waldbau fassen fast nur die natürlichen Faktoren ins Auge. Die volkswirtschaftlichen Verhältnisse werden in den Lehrbüchern über Forsteinrichtung meistens ganz kurz und allgemein besprochen. Für den größten Teil der Waldbesitzer kommt aber die Forsteinrichtung, wie sie sich im großen Besitze herausgebildet hat, nicht in Betracht. Für alle kleinen Besitzer erschöpft sich die Tätigkeit im Walde mit Waldbau und Nutzung von Holz, Streu, für den eigenen Bedarf, wobei in der Regel nicht bloß die Interessen der Gegenwart, sondern auch diejenigen der Zukunft abgewogen werden.

Die älteren Schriftsteller, die vor der Entstehung des großen Staatswaldbesitzes lebten, schicken den speziell waldbaulichen Ausführungen dagegen mehr oder weniger eingehende volkswirtschaftliche Betrachtungen voraus, so u. a.: Colerus, Carlowitz, Hohberg, Flemming, Döbel, Sylvander, Beckmann, Zincken, Geutebrück, Moser, Öttelt, Cramer, Bergius, Gleditsch, Jung, Suckow, Burgsdorf, Däzel, Frank, Kling.

Erst Hartig, Cotta und Hundeshagen sondern den naturwissenschaftlich-technischen Teil des Waldbaus ab; ihrem Beispiel folgten alle späteren Waldbauschriftsteller.

Bei den Kameralisten und den früheren nationalökonomischen Schriftstellern nehmen die volkswirtschaftlichen Betrachtungen über die Waldwirtschaft einen großen Raum ein; nur die wichtigsten Autoren sollen hier angeführt sein: Justi, Sonnenfels, Schlettwein, Rössig, Frank, Jung, Smith, Krug, v. Soden, Kraus, Murhard, Schmalz, Storch, Luden, Jakob, v. Thünen, Sinclair, Krause, Hermann, Schenk, Rotteck, Riedel, Mohl, Neuforn, Rau, Schmitthenner, Kudler, Roscher, Helferich. Erst das Studium dieser volkswirtschaftlichen Schriften macht die technische Seite der früheren Waldwirtschaft und damit diese selbst verständlich.

3. Mit der plötzlichen Zunahme des Staatswaldbesitzes tritt eine Änderung in der Auffassung, und da die weitaus meisten Schriftsteller dem Stande der Staatsforstbeamten angehörten und angehören, auch in der wissenschaftlichen Behandlung der Waldwirtschaft ein. Da im Staatswalde fast alle Produkte verkauft werden, tritt die Geldeinnahme, der Gelderwerb in den Vordergrund, m. a. W. das privatwirtschaftliche Streben nach Gelderwerb hat den volkswirtschaftlichen Standpunkt in den Hintergrund gedrängt. Volkswirtschaftlicher Zweck des Waldbaus auf einer gegebenen Waldfläche kann aber nur die möglichst hohe Produktivität, also die größtmögliche Erzeugung von Holz und andern Genußgütern mit dem geringsten Aufwand von Kosten sein.

I. Die natürlichen Verhältnisse.

§ 4. Die Flächenausdehnung des Waldes.

1. In kultivierten Ländern ist dem Walde im allgemeinen diejenige Bodenfläche überlassen, welche zur landwirtschaftlichen Benützung nicht geeignet ist. An dieser Fläche finden zwar alljährlich durch Rodungen und Aufforstungen kleine Veränderungen statt; aber diese erstrecken sich, wo nicht etwa ausgedehntere Ödländereien noch vorhanden sind, auf kleine Stücke des Waldes oder Feldes. Die Waldfläche ist eine ziemlich konstante Größe, nicht nur für ganze Gegenden und Länder, sondern auch für einzelne Gemeinden. Änderungen in der Produktion werden in der Regel nicht durch Vergrößerung oder Verringerung der Waldfläche erreicht, sie müssen vielmehr durch die veränderte Wirtschaft auf der gegebenen Fläche angestrebt werden.

2. Die Waldflächen sind nicht überall durch Vermessung genau festgestellt. Für den vorliegenden Zweck genügen einige Hauptdaten. Es umfaßt die Waldfläche in

	Million. ha	von der ges. Landesfl. % ca:		Million. ha.	von der ges. Landesfl. % ca:
Deutsches Reich	14	26	Niederlande	0,3	8
Österreich	10	32	Dänemark . . .	0,2	5
Ungarn	9	30	Großbritannien .	1	4
Schweiz	0,9	20	Schweden . . .	19	40
Italien	4	14	Norwegen . . .	7	24
Frankreich . . .	10	18	Rußland	190	35
Belgien	0,5	18			

In den gering bewaldeten Ländern entfallen auf den Kopf der Bevölkerung 3—4 a, im Deutschen Reich, Österreich und der Schweiz 25—40, in Schweden und Norwegen dagegen 300 a.

Rußland, Finnland, Schweden, Norwegen, Österreich unterhalten eine bedeutende Holzausfuhr nach Deutschland, Frankreich, England, Belgien, Holland, Italien, Spanien etc.

Wird in Ausfuhr- und in Einfuhrländern bei sonst gleichen natürlichen Verhältnissen dieselbe Wirtschaft herrschen können?

Diese Gegensätze, wie sie zwischen den großen Ländern bestehen, wiederholen sich im kleinen innerhalb desselben Staates nach Provinzen Kreisen und einzelnen Gemeinden.

Ein anschauliches Bild über diese Verhältnisse gibt der Atlas der Bodenkultur des Deutschen Reiches, ferner Meitzen im Atlas zu dem Werk über den Boden etc. des preußischen Staates, der physikalisch-statistische Atlas von Österreich-Ungarn, der Atlas zur Statistique francaise forestière[1]) etc.

Die Fläche, welche für die Produktion der menschlichen Nahrung als Acker, Wiese, Weide in Anspruch genommen wird, beträgt 1900 im Deutschen Reich[2]) 64,8 % der Gesamtfläche, auf Äcker und Gärten entfallen 48,6, auf Wiesen 11,0, auf Weiden 5,0. Der Wald übertrifft an Ausdehnung die Wiesen- und Weidefläche in allen Staaten, mit Ausnahme von Oldenburg, Bremen und Hamburg.

3. Die Waldfläche hat sich im Laufe der letzten hundert Jahre nur unwesentlich geändert, sie ist in manchen Ländern vielleicht größer, als um das Jahr 1800. Insbesondere ist im Laufe der letzten Jahrzehnte, in denen die Bevölkerung sehr bedeutend gestiegen ist, im ganzen nicht etwa eine Abnahme, sondern eine kleine Zunahme eingetreten. Für einzelne Gegenden sind allerdings erhebliche Änderungen zu verzeichnen; in Bayern, Sachsen, Hessen, Braunschweig hat der Wald an Umfang verloren, in Preußen, Baden, Oldenburg zugenommen.

Obgleich die Bevölkerung sich seit 30—50 Jahren vermehrte und die in eben dieser Zeit zu großer Blüte gelangte Industrie einen sehr bedeutenden Holzbedarf hat, ist die Waldfläche ziemlich unverändert geblieben. Die Steigerung der Produktion ist nicht durch Ausdehnung der produzierenden Waldfläche, sondern hauptsächlich durch intensivere Ausnützung des vorhandenen Waldbodens, durch Anbau von Blößen, Weideflächen und öden Stellen und durch die veränderte technische Waldbehandlung herbeigeführt worden.

§ 5. Die Verteilung des Waldes über das Land hin.

1. Die Art der Bewaldung zeigt große Mannigfaltigkeit: hier eine sehr weitgehende Parzellierung, Auflösung in kleine Wälder und

---

[1]) Für einzelne Gemeinden von Württemberg s. Bühler, Die Bodenbenützung in Württemberg. Württ. Jahrbücher für Statistik, Jahrg. 1900, I, S. 127 ff.

[2]) Statistisches Jahrbuch f. d. D. R. 1909, 58.

Wäldchen, dort ausgedehnte, zusammenhängende Komplexe von 3-, 5-, 10-, 20 tausend Hektar.

Zu den Gegenden mit weitgehender Parzellierung gehören im Deutschen Reich das obere Rheintal, Lothringen, das Land zwischen Donau und Alpen, ein Teil des schwäbischen und fränkischen Jura, die Gegend von Stuttgart bis Würzburg, die Eifel, Westfalen, Hannover, Schleswig-Holstein, Mecklenburg, Sachsen, Ostpreußen, Posen, Schlesien; in Österreich: das Donaugebiet, Tirol, Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien, das ungarische Tiefland, das Innere von Siebenbürgen; in der Schweiz: das Land zwischen Jura und Alpen. Große Waldgebiete umschließen: die Vogesen, der Schwarzwald, Odenwald, Pfälzerwald, Spessart, der Hunsrück, das Sauerland, der Harz, der Thüringerwald, das Erzgebirge, das Fichtelgebirge, der bayerisch-böhmische Wald, die Gegend um Frankfurt an der Oder, das südöstliche Schlesien, die Johannisburger Heide; in Österreich: die Alpenländer, Bosnien und Herzegowina, die Karpathen, der gebirgige Teil von Siebenbürgen. In der Schweiz fehlen die eigentlichen großen Waldgebiete, da durch die Weidegebiete die großen Komplexe durchbrochen sind; zusammenhängende Flächen von mehr als tausend Hektaren sind selten.

2. Die mehr oder weniger weitgehende Parzellierung macht sich in fast allen waldbaulichen Maßregeln geltend. In kleinen Komplexen ist die Wirtschaft weniger vom benachbarten Bestande beeinflußt. Die nur in größeren Wäldern sich erhebenden Schwierigkeiten, die mit der Hiebsfolge, der Aneinanderreihung der Altersklassen, den großen Schlagflächen zusammenhängen, spielen im kleinen Walde eine untergeordnete Rolle. Die Beschädigungen durch Sturm, Schnee, Feuer, Insekten sind im großen Komplexe intensiver, als im kleinen; der plötzliche Anfall großer Massen ist in letzterem selten. Stürme haben in großen Waldgebieten den zehn- und mehrfachen Jahresetat, Schneebrüche den sechsfachen Jahresetat zu Boden gelegt (Stadt Zürich); in Baiersbronn, im württembergischen Schwarzwald, dauerte 1800 ein Waldbrand sechs Wochen. Die Verheerungen durch Borkenkäfer, Nonnenraupe etc. erstrecken sich in großen Komplexen auf Tausende von Hektar.

3. Im großen Waldgebiete entstehen durch die Entfernung vom Konsumtionsorte und die verschieden hohen Transportkosten verschiedene Absatz- und Preiszonen. Im Innern großer Komplexe ist das geringe Material aus Durchforstungen, das Reisig, schwer, oft gar nicht abzusetzen, in einem großen Teil des Schwarzwaldes wird es verbrannt. Durchforstungen werden in solchen Gebieten bis zum 60. Jahre hinausgeschoben, Reinigungshiebe oft ganz unterlassen, Pflanzungen in weiterem Verbande ausgeführt. Die wertvollsten Sortimente werden erzogen und vor anderen genutzt (Plenterwirtschaft), Köhlereien werden errichtet. In der Nähe der Konsumtionsorte können die geringsten

Sortimente abgesetzt werden, die Preise sind höhere, die Zugänglichkeit der Waldungen ist durch Wegbauten erhöht, die Wirtschaft ist mannigfaltiger und intensiver.

4. Um die kleinen Komplexe ist die Ansiedelung dichter, die Bevölkerung zahlreicher, der Absatz leichter, der Preis höher, der Aufwand für Waldwege geringer, da die öffentlichen Wege benützt werden, die Entfernung der Arbeitsstellen von den Wohnorten kürzer. Dagegen sind die anfallenden Holzmassen im einzelnen Schlage nur klein, so daß sie für den Großhandel nicht geeignet sind. Die Ausgleichung des Anfalls einzelner Holzarten und Sortimente ist schwieriger. Die verhältnismäßig längeren Grenzen erfordern viele Grenzbäume und Grenzstreifen, die in Windlagen geringeres Wachstum zeigen. Durch die Parzellierung werden die Arbeiten der Nutzung, der Verwaltung, der Beaufsichtigung und des Schutzes etwas verteuert; auch Wegbauten, Entwässerungen können erschwert werden. Erwägt man die Folgen der Parzellierung und sieht man von extremen Verhältnissen in beiden Richtungen ab, so wird man die Wirtschaft in den kleineren Komplexen im allgemeinen als die mannigfaltigere, feinere, intensivere und lohnendere bezeichnen dürfen.

§ 6. Die Lage der Waldungen.

1. Die Erhebung über das Meer und über die Talsohle, die ebene oder geneigte Lage, die Exposition gegen die Himmelsgegend, der geringere oder größere Neigungsgrad beeinflussen die natürlichen Wachstumsbedingungen, die Verbreitung der Holzarten, die Zugänglichkeit der Waldungen, den Absatz, Transport und Preis des Holzes, die Kosten der Arbeit und der Verwaltung, kurz die ganze Wirtschaft. Man unterscheidet von jeher eine Wirtschaft in der Ebene, im Hügelland, im Mittelgebirge, im Hochgebirge.

2. Die statistischen Nachweise über die Lage der Waldungen sind sehr lückenhaft.

Von den Staatswaldungen Württembergs liegen[1]) in einer Meereshöhe

von 100— 400 m	13 %
400— 600 m	50 „
600— 800 m	32 „
800—1000 m	5 „

Ferner liegen

im ganzen Lande			im Schwarzwald	in Oberschwaben
eben		42 %	35	57
an schwachen Hängen				
gegen NW, N, NO, O	15	29 %	5	18
gegen SO, S, SW, W	14		3	17

[1]) Forstl. Verhältn. von Württbg. S. 176.

	im ganzen Lande		im Schwarzwald	in Oberschwaben
an steilen Hängen				
gegen NW, N, NO, O	15	29 %	31	4
gegen SO, S, SW, W	14		26	4

In Baden[1]) liegen von der ganzen Waldfläche unter 500 m 63,3 %, von 500—1000 m 32,9 %, über 1000 m 3,8 %.

In Preußen[2]) liegen in der Ebene 50 %, im Hügellande 25 %, im Gebirge 25 %.

Von den österreichischen Staats- und Fondsforsten[3]) liegen

bis zu	300 m ü. M.	3,0 %
von	300—600 „ „ „	15,5 %
„	600—1000 „ „ „	25,6 %
„	1000—1500 „ „ „	41,6 %
über	1500 „ „ „	14,3 %

Von den ungarischen Staatsforsten[4]) entfallen auf die Zone bis 200 m 13 %, von 200—600 m 23 %, über 600 m 64 %.

Die sämtlichen Waldungen des Kantons Bern[5]) verteilen sich in folgende Regionen:

unter	750 m	46,0 %
von	750—1200 m	40,8 %
von	1200—1650 m	12,6 %
über	1650 m	0,6 %.

Eben liegen 18,9 %, schwach geneigt 22,5 %, steil 58,6 %; von den geneigten Flächen hängen nach Osten 12,0 %, Süden 23,2, Westen 12,0, Norden 33,9 %.

In Frankreich[6]) verteilen sich die sämtlichen Waldungen je zu ⅓ auf Ebene, Hügelland und Gebirge; im einzelnen ergeben sich für die Höhenzonen folgende Prozentzahlen:

bis 200 m	36,17 %	800—1000 m	10,30 %
200—400 m	23,97 %	1000—1200 m	4,20 %
400—600 m	12,16 %	1200—1600 m	4,96 %
600—800 m	6,83 %	1600—2400 m	1,41 %

3. Der Einfluß der Höhenlage auf die klimatischen Verhältnisse wird unten näher besprochen werden (§ 8).

Die Erhebung über die Talsohle in Verbindung mit der Steilheit der Hänge bedingt hauptsächlich den Charakter der Gebirgswirtschaft. Die Fällung am steilen Hange ist mühsam und teuer; an schwer zu-

¹) Krutina, Die badische Forstverwaltung 1891. S. 16.
²) Hagen-Donner 3. Aufl. S. 7.
³) Schindler, Die Forste der Staatsgüter. S. 90.
⁴) Bedö, Beschreibung etc. S. 67.
⁵) Forststatistik des Kantons Bern. S. 22.
⁶) Statistique forestière I, 63.

gänglichen Stellen, in den tiefen Schluchten bleibt mancher Stamm unbenützt liegen. Beim Taltransport treten weitere Verluste ein, so daß im Hochgebirge 10 und mehr % Abgang gegenüber der stehend gemessenen Holzmasse angesetzt werden[1]). Die Fällung muß im Sommer oder Herbst geschehen, damit bei Schnee das Holz zu Tal geschafft werden kann. Die Bestockung der Hänge im Gebirge ist licht und lückig, so daß der Ertrag manchmal erheblich vermindert wird. Das Streben muß vielfach nur auf Erhaltung des Waldes gerichtet sein; die sonst übliche Waldbehandlung (Reinigungen, Durchforstungen etc.) ist sehr mühsam und schon wegen der Steilheit meistens undurchführbar. Bei geringeren Erträgen und höheren Kosten wird die Wirtschaft im Gebirge weniger intensiv sein können, als im Hügellande oder in der Ebene.

§ 7. Die geologischen Formationen und die Bodenarten.

1. In der geologischen Karte des Deutschen Reiches von Lepsius sind 45 Formationen, im österreichischen Atlas 15 Formationen, auf der geologischen Karte der Schweiz 48 Formationen ausgeschieden.

Die einzelnen Formationen setzen sich aus verschiedenen Schichten zusammen, aus welchen durch die Verwitterung die Bodenarten entstehen. Die Zahl der Schichten ist in den einzelnen Formationen ungleich groß; in der Trias und dem Jura beträgt sie schon 31.

Die neueren geologischen Aufnahmen berücksichtigen neben den rein geologischen auch die agronomischen Verhältnisse. Auf dem Blatt Eberswalde der neuen preußischen geognostisch-agronomischen Karte sind für Alluvium 10, für Diluvium 15 Schichten und Bodenarten auseinandergehalten. Auf dem Blatt Freudenstadt der neuen württembergischen geologischen Karte sind 41 Schichten eingetragen. Man kann ohne Bedenken annehmen, daß bis nach Vollendung der neuen geologischen Aufnahmen die Zahl der Schichten weit über 100 gestiegen sein wird.

2. Vergleicht man die geologischen Karten mit den Waldkarten, so ergibt sich eine verschiedene Bedeutung der einzelnen Formationen und Schichten für den Waldbau. Den Feldbau begünstigen die fruchtbaren, lehm- und tonhaltigen, leicht verwitternden, sanfte Abdachungen bildenden Formationen; dem Waldbau gewidmet bleiben die unfruchtbaren, sandigen, steil abfallenden Formationen. Zu diesen letzteren gehören: Granit, Syenit, Basalt, Bunter Sand, Kreide, Eocän. Wechseln in einer Formation tonige, mergelige, lehmige Schichten mit sandigen, wie z. B. in der Keuperformation, so sind die letzteren vorherrschend

---

[1]) Henne, Wirtschaftsplan für die Heimwaldungen der Stadt Chur 1907. Tab. A. Der „Ernteverlust" ist im Durchschnitt von 10 Jahren auf 11, 2% des Derbholzes berechnet.

mit Wald bedeckt, die ersteren dem Acker-, Wiesen- oder Weinbau gewidmet.

Auf Buntsandstein stocken ganz oder zum großen Teil der Schwarzwald, die Vogesen, der Odenwald, Pfälzerwald, Spessart, Thüringerwald, die Rhön, der Harz; die Grenzwaldungen von Sachsen und Bayern, die südlichen Teile von Baden gehören dem Gneis und Granit, die Waldungen Norddeutschlands größtenteils dem Diluvium an. Der Harz ragt als eine steile Erhebung mit zahlreichen Formationen aus dem Tiefland hervor. Gneis, Granit herrschen in Böhmen, in den Alpen, an den Grenzen von Siebenbürgen; Kreidekalk wiegt vor am Nord- und Südrand der österreichischen Alpen, in Bosnien; Eocän in den Karpathen, Alluvium in Ungarn und Galizien.

Die schweizerischen Wälder stocken in den Alpen auf Granit und Gneis, auf Kreide und Flysch; bedeutende Ausdehnung haben noch Jura und diluviales Schuttland zwischen Jura und Alpen.

In Frankreich stocken von allen Waldungen 18,5 % auf Jura, 18,1 auf Granit, 17,7 auf Miocän, 14,2 auf Kreide, 5,1 auf Alluvium; die übrigen 26,4 auf 8 weiteren Formationen.

3. Da die geologische Formation von ausschlaggebender Bedeutung für den Waldbau ist, lohnt es sich, die Verhältnisse einzelner Länder genauer ins Auge zu fassen. Leider ist eine solche Untersuchung nur für wenige Länder möglich, da das reiche vorhandene Material noch nicht veröffentlicht ist.

In Württemberg [1]) liegen von allen Waldungen auf Buntsand 14,7 %, auf Muschelkalk 19,8, Keuper 17,0, schwarzem und braunem Jura 12,8 weißem Jura 17,7, Molasse 18,0. Von den Staatswaldungen entfallen auf Buntsand 20,8, oberen Sandstein der Keuperformation 18,7, die Marmorkalke 9,4 und die Plattenkalke des oberen weißen Jura 2,8; auf Moränenschutt 6,3, Diluviallehm 8,6, auf Hauptmuschelkalk 1,7 %.

Die Bewaldung der einzelnen Formationen ist sehr verschieden: vom bunten Sand sind 63, vom Keuper 39, vom weißen Jura 33, von der Molasse 25, vom schwarzen und braunen Jura 26, vom Muschelkalk 23 % bewaldet.

In Baden [2]) verteilt sich die Gesamtwaldfläche etwa wie folgt: Gneis und Granit 31, Buntsandstein 26, Muschelkalk 12, Keuper 2, Jurakalk 7, Molasse 3, Diluvium und Alluvium 17, verschiedene Formationen 2 %.

In Elsaß-Lothringen [3]) liegen von den Staats- und Gemeindewaldungen (= 79 % aller Waldungen) auf buntem Sandstein und

---

[1]) Württ. Jahrbücher 1896, 177. Forstl. Verhältn. Württ. S. 183.

[2]) Statist. Nachweisungen aus der Forstverwaltung Badens für 1907, 15.

[3]) Mitteilungen über die forstl. Verhältn. Elaß-Lothringens 1883, 52.

Vogesen-Sandstein 32 %, Diluvium und Alluvium 21, Granit, Gneis 15, Keuper 9, Muschelkalk 7, Grauwacke 7, Jura 7, Tertiär 2 %.

In Hessen gehören ca. 30 % dem Basalt des Vogelsbergs und seinen Ausläufern, ca. 28 % dem Buntsandstein, ca. 12 % dem Urgebirge, ca. 26 % dem Diluvium und Alluvium an.

Von den ungarischen Staatsforsten stocken (nach Bedö) 23 % auf kristallinischen Schiefergesteinen, 16 auf Kreide, 13 auf Trias, 11 auf Jura, 11 auf Trachit, 9 auf Diluvium und Alluvium, 6 auf Granit, 3 auf Grauwacke, 3 auf Molasse, 7 % auf verschiedenen Formationen.

4. Mit der geologischen Formation hängt die Fruchtbarkeit des Bodens, die Steilheit des Geländes, der größere oder geringere Wasservorrat, die Ausstattung mit offen fließenden Bächen und Flüssen unmittelbar zusammen. Eine Folge der geologischen Verhältnisse sind ferner die Besiedelungsweise, die Dichtigkeit der Bevölkerung, die Ausdehnung der Industrie, die Ausstattung mit Wegen, Straßen, Eisenbahnen, Kanälen, schiff- oder floßbaren Flüssen. Von diesen Bedingungen ist der Charakter der Wirtschaft eines Volkes abhängig. Wie die ganze Volkswirtschaft, so ist auch die Forstwirtschaft von den geologischen Zuständen beeinflußt. Unter denselben klimatischen Verhältnissen treten die Unterschiede in der Bestockung und Bewirtschaftung der Formationen deutlich hervor: am Oberrhein die diluvialen Flußebenen gegenüber den Vogesen und dem Schwarzwald; Buntsandstein und Gneis im badischen Schwarzwald, Muschelkalk und Keuper in Württemberg, Rotliegendes und Zechstein bei Eisenach, Kreide und Jura gegenüber Diluvium in Ungarn und der Schweiz.

Eine monographische Bearbeitung der einzelnen Formationen und Schichten mit Rücksicht auf die Waldwirtschaft fehlt noch. Einige Skizzen aus Baden, Bayern, Preußen und andern Ländern zeigen, daß von solchen Untersuchungen eine Förderung der Wirtschaft und Wissenschaft zu erwarten ist. Würden die verschiedenen Forstvereine anläßlich ihrer Versammlungen die Ausarbeitung der „Führer“ systematisch in dieser Richtung beeinflussen, so wäre in kurzer Zeit ein genaues Bild für mitteleuropäische Verhältnisse gewonnen. Dies ist um so leichter jetzt durchzuführen, als bei den Aufnahmen für die geologischen Karten diese Verhältnisse sehr eingehend erhoben und so feste Grundlagen für weitere Arbeiten geboten werden.

Das Unternehmen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, die „Betriebsverhältnisse“ der deutschen Landwirtschaft zu untersuchen und in Monographien darzustellen, kann für den Forstwirt als Vorbild gelten.

Die Charakterisierung verschiedener Wirtschaften nach geographischen oder staatlichen Gebieten muß zu ganz unzutreffenden Vorstellungen führen. So spricht man von einer nord- und süddeutschen

Kiefernwirtschaft, von hessischer und badischer Wirtschaft, der Wirtschaft im Bayerischen Wald, im Pfälzerwald, im Schwarzwald, Thüringerwald etc. Die Formationen dieser Gebiete bestehen aber bald aus Gneis, bald aus Diluvium, aus Buntsandstein oder Muschelkalk. Richtiger und genauer wäre eine Vergleichung (hier wird abgesehen von klimatischen Verhältnissen) der Wirtschaft auf Buntsandstein im badischen Schwarzwald, Odenwald, Pfälzerwald, Spessart, Thüringerwald; auf Muschelkalk in Lothringen, im badischen Bauland, in Württemberg, in Bayern usw. Bei der Gegenüberstellung von badischer und württembergischer Schwarzwaldwirtschaft wird vielfach vergessen, daß in Württemberg fast ausschließlich Buntsandstein, in Baden dagegen überwiegend Granit und Gneis die bodenbildenden Formationen sind.

Ohne genaue geologische Angaben ist die Schilderung irgend einer Wirtschaft von geringem Wert.

§ 8. Das Klima.

1. Das Klima beeinflußt ohne irgend welches Zutun des Menschen die Verbreitung der Holzarten und damit die Bestockung der Wälder. Am Harze findet sich bei 1000 m ü. M. die Fichte nur noch in verkrüppelter Form, die Buche bleibt schon bei 600 m zurück. Am Feldberg endet der Baumwuchs bei 1368 m; im Kanton Wallis bei 2400 m. Auf dem Pfänder am Bodensee trifft man bei 1100 m noch fast alle Holzarten; in der Schweiz ist dies bei 1200 m noch der Fall. Am Monte Generoso bei Lugano geht die Buche als Niederwald bis 1400 m. Im Rheintal unterhalb Basel wächst bei 100—200 m die zahme Kastanie als Niederwald und begrenzt mit dem Eichenniederwald die unteren Talgehänge; bei Königsberg trifft man in derselben Meereshöhe fast nur noch Föhren, Birken und Aspen. Am Genfersee findet sich ob Chillon (ca. 400 m) ein Bestand mit 23 Arten von Waldbäumen und 16 von Sträuchern, also 39 Holzarten.

2. Vom Klima bedingt sind ferner die landwirtschaftlichen Kulturarten, welche die Ausdehnung des Waldes mehr oder weniger einschränken. Der Weinbau drängt in den tieferen Lagen, die Weidewirtschaft im Gebirge und am Meere den Wald zurück. Regenreiche Gegenden werden von zahlreichen Bächen und Flüßchen durchzogen, was die Bildung von Schluchten und Tälern und damit die Zerrissenheit des Geländes verursacht. Wo der Abfluß des Wassers verzögert ist, bilden sich ausgedehnte Moore und Sümpfe aus. Die Vegetation von Gras und Kräutern ist in regenreichen Gegenden üppiger, als in trockenen. In letzteren sind Entwässerungen und Drainagen selten nötig, während im regenreichen Gebiete je nach den Bodenverhältnissen ansehnliche Kosten für solche aufgewendet werden müssen.

3. Mit dem Klima ändern sich die Ansiedlungsverhältnisse, die Zahl und die Beschäftigung der Bevölkerung und damit der Bedarf an Waldprodukten. Hier werden Rebstecken, Hopfenstangen, Baumstützen, Deckreisig in großen Mengen begehrt; dort wird Gras und Streu aus dem Walde geholt und das Vieh zur Weide in den Wald getrieben.

4. Die Bewirtschaftung des Waldes ist ebenso wie der landwirtschaftliche Betrieb von den klimatischen Verhältnissen abhängig, vielleicht in noch höherem Grade, weil nicht durch Bearbeitung und Düngung des Bodens klimatische Nachteile abgeschwächt werden können.

Nieder- und Mittelwald, Eichenschälwaldwirtschaft und Eichenstarkholzzucht sind an mildes Klima gebunden. Der Hoch- und Plenterwald des Nadelholzes ist in den höchsten und rauhesten Lagen noch eine lohnende Betriebsart. Im milden Klima ist der Wald aus zahlreichen Holzarten zusammengesetzt, was der Wirtschaft eine große Mannigfaltigkeit und Beweglichkeit verleiht; im Föhren- oder Fichtengebiet ist sie einförmig und gebunden. In rauher Gegend bedecken düstere Nadelwälder die Landschaft, während bunte Bilder und reicher Wechsel den Wald der milden Gegend freundlich gestalten.

II. Die ökonomischen und sozialen Zustände.

§ 9. Die Bevölkerung.

1. Die Volkszahl eines Landes oder Landesteiles beeinflußt die Nachfrage nach Holz und anderen Erzeugnissen des Waldes überall da in entscheidender Weise, wo nicht durch Einfuhr dieser Bedarf teilweise gedeckt wird. Dadurch wirkt sie mittelbar auf die Waldwirtschaft der nächsten Umgebung ein. Die Wirtschaft in der Nähe einer großen Stadt ist sehr verschieden von derjenigen in abgelegener, schwach besiedelter Gegend.

Sodann ruft die Beschäftigung der Bevölkerung mit Landwirtschaft, Handel oder Industrie den Bedarf an bestimmten Sortimenten hervor. Hopfenstangen, Baumpfähle, Rebstecken, Erbsen- und Bohnenstangen, Zaunholz, Brückenholz, Geschirrholz neben Brennholz und Bauholz bedarf die Landwirtschaft treibende Bevölkerung. Grubenholz, Papierholz, Werkstatthölzer, Schwellenhölzer neben dem überall benötigten Bau- und Sägholz nimmt Industrie und Verkehr in sehr bedeutenden Mengen in Anspruch.

Der Stand der Holzpreise einer Gegend und der Verkehr mit Holz zeigen in deutlicher Weise diesen Einfluß der Bevölkerung und ihrer wirtschaftlichen Tätigkeit.

An der Lieferung von Grubenhölzern etc. nach dem westfälischen Industriegebiet beteiligt sich der preußische Osten, Süddeutschland,

Österreich, Schweden, Norwegen und Rußland. Am Bodensee kaufen Holzhandlungen von Frankreich, der Schweiz, von Holland, vom Niederrhein und Württemberg. Amerikanisches, asiatisches, afrikanisches und australisches Holz wird in steigenden Mengen an den großen Holzhandelsplätzen eingeführt.

Die Bevölkerung ist in den letzten Jahrzehnten nicht nur zahlreicher, sondern in den meisten Ländern auch kaufkräftiger geworden. Dieser gesteigerten Nachfrage soll die Waldwirtschaft genügen, ohne daß die produzierende Fläche des Waldes sich erheblich vermehrt hat.

2. Über die Änderungen der Volkszahl geben einige statistische Daten Aufschluß. Man zählte Einwohner in Tausenden in

	1816	1855	1905
Deutsches Reich	24 833	36 114	60 641
Preußen	13 709	21 320	37 293
Bayern	3 607	4 508	6 524
Sachsen	1 194	2 039	4 509
Württemberg	1 411	1 670	2 302
Baden	1 006	1 320	2 011
Hessen	562	798	1 209
Mecklenburg-Strelitz . . .	72	99	103
Elsaß-Lothringen	1 281	1 549	1 815

Die kleineren Staaten haben durchweg ihre Bevölkerungszahl verdoppelt bis verdreifacht (Anhalt).

Die stärkste Zunahme ist erst seit 1870 eingetreten. Im Deutschen Reich betrug die Bevölkerung 1820: 26; 1840: 33; 1860: 38; 1870: 41; 1880: 45; 1890: 49; 1900: 56; 1905: 61; 1910: 65 Millionen.

In den 40 Jahren von 1820—1860 nahm die Bevölkerung um 12, in den 40 Jahren von 1870—1910 dagegen um 24 Millionen zu.

Man zählte ferner in Tausenden

	Österreich	Ungarn	der gesamten Monarchie	der Schweiz
1869	20 395	15 509	35 904	(1870) 2 655
1880	22 144	15 739	37 884	2 832
1890	23 895	17 463	41 359	(1888) 2 917
1900	26 107	19 204	45 311	3 315

Langsam stieg die Bevölkerung in Frankreich, von 37 Millionen im Jahre 1876 auf 39 Millionen im Jahr 1906.

3. Für die Waldwirtschaft von Bedeutung ist aber wegen der Nachfrage nach Holz und wegen der Arbeiterzahl die weitere Tatsache, daß die Zunahme der Bevölkerung **nicht in allen Landesteilen gleichmäßig** stattgefunden hat, sondern daß sie an den Industrieorten und in den Städten sehr stark war, während das platte Land einen Stillstand oder gar einen Rückgang der Bevölkerung aufweist.

4. Für mancherlei Aufgaben (lokale Nachfrage, lokale Preise, lokale Wirtschaft) wichtig ist die Volksdichtigkeit. Auf einen Quadratkilometer kommen Einwohner 1910:

Deutsches Reich	120,0	Baden	142,2
Preußen	115,2	Hessen	166,8
Bayern	90,8	Elsaß-Lothringen . .	129,0
Sachsen	320,6	Thüringische Staaten	104,3 bis 230,1 (Reuß)
Württemberg . .	125,0	Braunschweig . . .	134,6

Unter 100 Einwohner pro Quadratkilometer haben: Mecklenburg-Schwerin 48,8, Strelitz 36,3, Oldenburg 75,1, Waldeck 55,0.

Große Unterschiede zeigen die preußischen Provinzen: Rheinland mit 263,7, Westfalen 204,0, Hessen-Nassau 141,4, Schlesien 129,6, Sachsen 122,3, Brandenburg 102,7; dagegen Ostpreußen 55,8, Pommern 57,0, Hohenzollern 62,2, Westpreußen 66,7, Posen 72,4, Hannover 76,4, Schleswig-Holstein 85,2.

In Bayern rechts des Rheins wohnen 85,1, in der Pfalz 158,1 Einwohner auf 1 qkm. Würde auf die kleineren Verwaltungsbezirke zurückgegangen, so würden die Unterschiede noch viel bedeutender werden.

Für einige weitere Länder ergeben sich folgende Dichtigkeitszahlen (1900): Österreich 87, Niederösterreich 156, Schlesien 132, Böhmen 122, Mähren 110, Küstenland 95, Galizien 93, Bukowina 70, Oberösterreich 68, Steiermark 60, Krain 51, Dalmatien 46, Kärnten 36, Tirol 34, Salzburg 27.

Für Ungarn (1900): 59,3. Über 100 Einwohner haben nur 3 Komitate: Pest 123,3, Csongrád 116,3, Warasdin 111,4; in zahlreichen Komitaten beträgt sie 30—40.

Für die Schweiz 1900: 80; für die bevölkertsten Kantone Genf 470, Zürich 250, Außerrhoden 228, Neuenburg 156, Aargau 147, Schaffhausen 141, Solothurn 127, St. Gallen 124, Thurgau 112, Zug 105; dagegen für die Gebirgskantone Graubünden 15, Uri 18, Wallis 22, Obwalden 32, Nidwalden 45, Glarus 47, Tessin 49.

Dünn bevölkert sind: Norwegen 6,9, Schweden 11,4, Finnland 6,9, Rußland 20,7. Dicht bevölkert sind: Belgien 231,4 (6 Provinzen haben 3—400), Niederlande 154,7, Großbritannien und Irland 132,3, Italien 113,3; mittlere Dichtigkeit haben: Frankreich 72,6 (10 Bezirke haben über 100, 27 unter 50 pro qkm), Dänemark 61 4; sehr geringe Nordamerika 4,4, Südamerika 2.

3. Schweden, Norwegen, Rußland, Österreich sind bei hoher Bewaldung und geringer Bevölkerung Holzausfuhrländer, welche fast alle übrigen Länder Europas mit Holz versorgen.

Die Preise des Holzes sind, wie unten näher nachgewiesen wird, lokal sehr verschieden. Sie hängen hauptsächlich von der Dichtigkeit

und der landwirtschaftlichen oder industriellen Beschäftigung der Bevölkerung ab. Da diese seit 1870 die größte Zunahme hatte, ist gerade in den letzten Jahrzehnten auch eine Änderung in der gesamten Waldwirtschaft eingetreten.

§ 10. Handels- und Verkehrsverhältnisse.

1. Für die Wirtschaft in einem ganzen Lande, wie im einzelnen Bezirke, sogar im einzelnen Waldteil ist es von entscheidender Wichtigkeit, ob die Produktion für den Bedarf des Landes oder der Umgebung zureichend ist oder nicht, ob also Einfuhr nötig oder bei einem Überschuß an Holz Ausfuhr möglich ist. In beiden Fällen hat die Technik die Aufgabe, diejenigen Sortimente zu erziehen, die der Nachfrage entsprechen bezw. solche, welche für die Ausfuhr besonders gesucht und gut bezahlt sind.

2. Neben den seit langer Zeit eingeführten Sortimenten von rohem, beschlagenem und gesägtem Holz werden Papier- und Grubenholz in stets steigenden Mengen im Deutschen Reich eingeführt; die Waldbesitzer von Östetreich-Ungarn und Rußland bringen also immer größere Mengen von den letzteren auf den Markt.

Die gesamte Einfuhr an Holz im Deutschen Reich beträgt rund 12 Millionen Festmeter im Werte von 300 Millionen Mark. 76 % der Einfuhrmenge bestehen aus unbearbeitetem, beschlagenem oder gesägtem Nadelholz mit 72 % des Werts der ganzen Einfuhr. Hiezu kommen noch 10 % Grubenholz, das fast ausschließlich aus Nadelholz besteht. Das Nadelholz beträgt also 86 % der eingeführten Menge mit 78 % des eingeführten Werts.

Bei der Ausfuhr fällt die Hauptmenge ebenfalls auf Nadelholz.

Die Einfuhr rührt hauptsächlich von Rußland und Finnland, dann von Österreich-Ungarn, Schweden, bei weichem Laubholz von Nordamerika her. Die Ausfuhr geht nach Frankreich und der Schweiz.

An der Ausfuhr beteiligt sind die südwestdeutschen Staaten: Elsaß-Lothringen, Baden, Württemberg und Bayern; diese Staaten liefern außerdem große Mengen an den Rhein und nach Westfalen.

Die eingeführten Mengen werden im preußischen Osten, in Sachsen, in Westfalen und am Rhein verbraucht.

Rechnet man die Holzproduktion des Deutschen Reiches zu rund 52 Millionen Festmeter und die Hälfte davon als Nutzholz (also 26 Millionen Festmeter), so bedarf das Deutsche Reich eines Zuschusses von rund 50 % seiner eigenen Nutzholzproduktion.

Sachsen allein führte 103 % seiner eigenen Produktion an Holz überhaupt, und da diese Einfuhr fast ausschließlich aus Nutzholz besteht, etwa 150 % der im Lande erzeugten Nutzholzmenge ein.[1])

[1]) Mammen im Thar. J. 60, 191. (1909).

Die sächsische Wirtschaft muß andere Ziele verfolgen, als die im deutschen Südwesten. Was leicht vom Ausland bezogen werden kann, wird man in Sachsen nicht selbst erzeugen, wie beispielsweise die starken Sortimente. Im Süden wird man gerade umgekehrt für die Ausfuhr die stärkeren und wertvolleren Sortimente vorziehen, weil die Transportkosten verhältnismäßig geringer sind. Wo Brennholz für die Ausfuhr in die Schweiz gesucht ist, wie am Bodensee (etwa 40 000 Fm jährlich), wird man die wertvolleren Brennholzsortimente aushalten.

3. Die Schweiz[1]) zerfällt in das Einfuhrgebiet des Nordens und das Ausfuhrgebiet des Südens und Westens. Von Deutschland und Österreich stammt die Einfuhr; Ausfuhr findet nach Frankreich und Italien statt. Die Unterbilanz der schweizerischen Holzproduktion wird auf 700 000 m^3 berechnet, was 30 % der schweizerischen Produktion ausmacht. Da die Einfuhr fast nur aus Nutzholz besteht, so würde bei 50 % Nutzholzanfall in den schweizerischen Waldungen die Einfuhr an Nutzholz 70 % der Produktion betragen.

Im Innern jeden Landes liegen waldarme und waldreiche Gegenden neben einander. Diese Verhältnisse der Einfuhr und Ausfuhr wiederholen sich daher im kleinen in jedem Bezirk. Die Wirkung wird verschieden sein, je nachdem der Transport auf dem Wasserwege (Flößerei und Schiffahrt), oder auf der Eisenbahn oder auf der Landstraße erfolgt.

4. Großhandel, Kleinhandel und Detailverkauf wirken auf die Wirtschaft insofern zurück, als für ersteren die einzelnen Sortimente in großen Mengen zur Verfügung stehen müssen, während bei Abgabe im einzelnen jedes Sortiment zur Geltung kommt. Die Wirtschaft wird im letzteren Falle weniger einförmig, die Technik des Waldbaus bei Detailabgabe mannigfaltiger sein. Nachfrage und Absatz sind beim Großhandel, in geringerem Grade beim Kleinhandel, vom allgemeinen Stand des Erwerbslebens abhängig und daher großen Schwankungen unterworfen. Die waldbaulichen Maßregeln müssen öfters geändert, Schläge zurückgestellt oder in andere Waldteile verlegt, Verjüngungshiebe aufgeschoben, Durchforstungen beschränkt oder ausgedehnt werden. Bei lokalem Absatz und Detailhandel ist die Nachfrage gleichmäßiger und stetiger, was der Wirtschaft einen ruhigeren Charakter verleiht.

5. Die Handels- und Verkehrswege: Waldwege, Land- und Vizinalstraßen, Eisenbahnen Wasserstraßen, Waldeisenbahnen, natürliche und künstliche Erd- und Holzriesen, Drahtseilriesen verbilligen den Transport und erleichtern die Räumung der Schläge und der jungen Bestände. Sie ermöglichen insbesondere den Transport des weniger wertvollen Materials, wie des Reisigs, schwacher Stangen etc. Sie beeinflussen also die Reinigungs-, Durchforstungs-, Verjüngungshiebe und

[1]) Schweiz. Forststatistik. 3. Liefrg S. 31. (1910).

damit die ganze Technik des Waldbaus. Die Änderungen der Wirtschaft während der letzten 30 Jahre sind in erster Linie auf die Entwicklung des Verkehrswesens zurückzuführen.

Diese Wirkung zeigt sich auch in solchen Waldungen, aus denen das Holz zur Deckung des eigenen Bedarfs verwendet wird (Gemeinde-, kleine Privatwaldungen). Die Ausnutzung ist intensiver, der Überschuß über den eigenen Bedarf größer und leichter absetzbar geworden.

6. Zahlreiche Reviere des preußischen Ostens liegen 20—30 km von der nächsten Bahnstation entfernt[1]).

Die Entfernung der Staatswaldungen von der nächsten Eisenbahnstation beträgt in der Mehrzahl der 150 Reviere Württembergs 2—6 km; sie steigt auf 12—15, auch 20 km; höchst selten sind die Entfernungen von 25—30 oder über 30 km. Noch dichter als in Württemberg ist das Netz von Eisenbahnen in Sachsen, Rheinland, Westfalen; weitmaschiger dagegen in Ostpreußen. Auf 1000 qkm Grundfläche kommen km vollspurige Eisenbahnen[2]) in: Ostpreußen 78,3, in Westfalen 163,7, Rheinland 164,5, Bayern 106,2, Sachsen 177,7; Württemberg 101,1, Baden 135,9, Hessen 191,5; Mecklenburg-Schwerin 89,2, Braunschweig 174,0, Elsaß-Lothringen 125,9, Thüringen 47 (Waldeck) bis 171 (Sondershausen).

Hiezu kommen noch die sehr ungleich verteilten Wasserstraßen, auf denen die Holzflößerei von altersher betrieben wird. Dem Ausbau des Wasserstraßennetzes wird neuerdings mehr Aufmerksamkeit geschenkt, was für den Holztransport nur von Vorteil sein kann.

7. Die Anfuhrkosten, von deren Höhe der Preis des Holzes im Walde abhängig ist, betragen nach Müller in Preußen überwiegend 2—5 ℳ, steigen aber in einzelnen Bezirken auf 8—9 ℳ pro Festmeter.

Im Hochgebirge belaufen sich bei Höhenunterschieden von 800 bis 1000 m die Transportkosten vielfach auf 8—10 ℳ. Daraus erklärt sich, daß geringwertige Holzteile unbenutzt im Bergwalde liegen bleiben. Je geringer die Transportkosten sind, um so höher sind die Holzpreise im Walde, um so intensiver kann die Wirtschaft gestaltet werden.

§ 11. Die Art und die Größe des Waldbesitzes.

I. Die Art des Besitzes.

1. Eine umfassende Statistik der Waldbesitzer ist nicht für alle Länder veröffentlicht. Aus dem vorhandenen Material läßt sich aber doch ein Bild des Waldbesitzes entwerfen, soweit ein solches für die Beurteilung der Waldwirtschaft nötig ist.

---

[1]) Müller, Forstl. Adreßbuch. 1902.

[2]) Stat. Jahrb. f. d. Deutsche Reich. 1913, 120.

Die hauptsächlichsten Waldbesitzer sind: der Staat, die Gemeinden, die Stiftungen, Kirchen, Schulen, Hospitäler, Pfarrstellen, die Regentenhäuser, der Adel, die Bauern. Die sonstigen Besitzer spielen im allgemeinen eine untergeordnete Rolle. Lokal kann die immer häufiger werdende Erwerbung von Wald durch große Kapitalisten zu beachten sein.

Da und dort sind den Bergwerken, Eisenhütten etc. besondere Waldungen zugeschieden, wie dies in früherer Zeit allgemein üblich war.

Neuerdings hat die Zellstoffabrik Waldhof bei Mannheim einen ansehnlichen Waldbesitz erworben (77 497 ha).

2. Der Besitz des Staates an Waldungen ist im Deutschen Reich ausgedehnter, als in den meisten anderen Ländern Mitteleuropas.

In Italien und der Schweiz sind ca. 4 %, in Österreich-Ungarn, Frankreich ca. 10—16 %, dagegen im Deutschen Reich 32 % aller Waldungen in den Händen des Staates.

In den einzelnen deutschen Ländern ist der Anteil des Staates an der Waldfläche ein sehr verschiedener; es besitzt der Staat (1900) in Braunschweig 73,5 %, in Mecklenburg-Strelitz 66,0, Waldeck 62,5, in Sachsen-Coburg-Gotha 57,9, in Mecklenburg-Schwerin, Sachsen-Weimar, Sachsen-Meiningen, Anhalt, Rudolstadt zwischen 40 und 50; in Sachsen 45,2, Oldenburg 37,7, Bayern 33,5, Württemberg 31,2, Elsaß-Lothringen 31,0, Preußen 30,9, Baden 16,9, Hessen 0,6 %.

3. Die Gemeindeforste nehmen im Deutschen Reich 16,1 % der Waldfläche ein; in Baden 45,1, Elsaß-Lothringen 44,7, Hessen 36,2, Württemberg 29,7, Meiningen 23,4, Waldeck 21,5, Preußen 13,3 (Hohenzollern 49,3, Rheinland 39,5, Hessen-Nassau 34,2), Bayern 12,5 (Pfalz 36,8); in Mecklenburg-Schwerin, Oldenburg, Gotha, Sondershausen, Rudolstadt, Lippe 10—15; in den übrigen Staaten unter 10 %.

Die Schweiz hat 67 % Gemeindewaldungen, Italien ca. 40, Frankreich 23, Österreich 14 %.

Die Stiftungswaldungen schwanken in den meisten deutschen Staaten zwischen 1 und 2 % und bedecken im Durchschnitt 1,5 % der Waldfläche.

Die Genossenforste betragen 2,2 % der ganzen Fläche.

4. Auf die Privatwaldungen entfallen im Deutschen Reiche 46,5 %, in Preußen 50,8, Bayern 50,9, Sachsen 46,0, Mecklenburg-Schwerin 40,2, Oldenburg 50,4, Altenburg 45,3, Reuß ä. L. 57,9, Reuß j. L. 41,6, Lippe 41,8, Württemberg 34,4, Baden 32,9, Hessen 32,8, Braunschweig 8,5, Schaumburg-Lippe 6,0; in den übrigen Staaten zwischen 12 und 20 %.

Unter den Privatwaldungen befinden sich 10,4 % Fideikommißforste. Etwa 70 % aller Fideikommißforste liegen in Preußen (ins-

besondere in Hohenzollern, Schlesien, Schleswig-Holstein, Westfalen, Sachsen, Posen). Sie betragen in Hessen 22,6, Mecklenburg-Strelitz 21,0, Preußen 12,5, Württemberg 13,3, Baden 9,6, Sachsen 9,4 Bayern 5,3 % aller Waldungen. Auf die Kronforste entfallen im Deutschen Reich 1,8 %, in den meisten Staaten erreichen sie nicht 1 %, dagegen in Hessen 27,7, in einzelnen thüringischen Staaten 40—50, selbst 94 % (Schaumburg-Lippe).

In Italien nehmen die Privatwaldungen etwa 50, in Frankreich, Österreich, Ungarn 70—80, in der Schweiz 28 % ein.

5. Die Wirtschaft der einzelnen Besitzer ist sowohl hinsichtlich ihres Zieles, als ihrer technischen Gestaltung verschieden.

Bei sehr vielen Privaten, auch Gemeinden, Stiftungen, Genossenschaften soll nur der eigene Bedarf der Besitzer gedeckt werden (Brennholz, Bauholz, Werkholz); in Gemeinden wird der jährliche Holzertrag, der Anfall an Laubstreu, Heidestreu etc. vielfach unter die Bürger verteilt. Im Walde des Staates, auch der übrigen größeren Besitzer, wird fast das ganze Erzeugnis an Dritte verkauft.

Beide Arten der Verwendung sind üblich, wenn nur der Überschuß über den eigenen Bedarf abgegeben oder wenn z. B. an die Bürger das anfallende Brennholz verteilt, das Nutzholz dagegen verkauft wird.

6. Einen wesentlichen Unterschied in der Wirtschaft begründen sodann die Vermögensverhältnisse des Besitzers. Sind diese günstig, so werden Ausgaben für Waldpflege, Kulturen, Wegbauten, für intensive Wirtschaft gemacht; größere Holzvorräte werden als ein Teil des Vermögens im Walde erhalten. Bei ungünstigen Vermögensverhältnissen werden umgekehrt die Ausgaben verringert und durch Nutzung der vorhandenen Holzvorräte Eingriffe in den Vermögensstand vorgenommen.

Der Charakter der ganzen Waldwirtschaft wird hievon beeinflußt, wie ein Gang durch die Waldungen verschiedener Besitzer beweist.

Der Staat, die Gemeinden und Stiftungen, sowie die Fideikommißbesitzer sind verpflichtet, den Vermögensstand ungeschmälert zu erhalten, eine nachhaltige Wirtschaft zu führen, d. h. jährlich nur soviel zu nutzen, als durch den Zuwachs wieder ersetzt wird. Sehr viele Privatwaldbesitzer streben ebenfalls eine nachhaltige Wirtschaft an, sie sind jedoch nicht an sie gebunden, sondern können frei über die Holzvorräte und die jährliche Nutzung verfügen.

Der Bedarf an Erzeugnissen des Waldes ist ein jährlich wiederkehrender, wenn auch der Umfang des Bedarfs nicht jährlich gleichgroß ist (der Brennholzbedarf ist je nach der Kälte des Winters verschieden, der Bauholz- und Werkholzbedarf wechselt ebenfalls; der

Bedarf an Laubstreu ist vom Ausfall der Strohernte abhängig). Zur Deckung dieses jährlichen Bedarfs werden jährliche Nutzungen im Walde nötig, die durch die Einrichtung der ganzen Wirtschaft gesichert sein müssen.

7. Der Privatwaldbesitzer leitet meistens die Wirtschaft selbst auf Grund seiner Erfahrungen. Die juristische Person der Gemeinde, der Stiftung, des Staates muß dagegen die Wirtschaft durch einen Verwalter besorgen lassen, der bald nur empirische, bald wissenschaftliche Ausbildung besitzt.

Am Ertrag der Waldwirtschaft hat dieser Verwalter keinen oder wenigstens keinen unmittelbaren Anteil (letzteres etwa bei Ermäßigung der Gemeindesteuern bei höherem Waldertrag); in dieser Hinsicht unterscheidet sich die Waldwirtschaft von anderen Unternehmungen.

Man pflegt von preußischer, bayerischer, badischer, schweizerischer Waldwirtschaft zu sprechen und diese unter einander zu vergleichen. In der Schweiz, teilweise auch in Baden und Elsaß, wird der Charakter der Wirtschaft durch die Gemeindewaldungen, in Bayern und Preußen, noch mehr in Österreich und Frankreich durch die Privatwaldungen bestimmt.

II. Die Größe des Besitzes.

8. Staatsbesitz ist nicht gleichbedeutend mit Großbesitz. Allerdings umfaßt (1900) die Staatswaldfläche in Preußen 2,6 Millionen, in Bayern 827 000, in Württemberg 187 000, in Sachsen 174 000, in Elsaß-Lothringen 136 000 ha, in Mecklenburg-Schwerin 99 000, in Baden 96 000, in Braunschweig 80 000 ha. In mehreren Staaten beträgt sie 20—40 000; in den kleinen Staaten sinkt sie unter 10 000 ha und bis auf 1—2000 ha herab.

In Österreich umfassen die Staats- und Fondsgüter 1,3, in Ungarn die Staatsforste rund 2 Millionen Hektar, in Frankreich nahezu 1 Million. In der Schweiz hat der Kanton Bern die größte Staatswaldfläche mit 13 000 ha, dann folgt Waadt mit 8, Freiburg mit 3, Zürich, Aargau mit 2 Tausend Hektar.

Die adeligen Fideikommißbesitzer übertreffen manchen Staat an Ausdehnung des Waldbesitzes.

9. Die Veröffentlichungen über die Größe des Gemeindewaldbesitzes sind etwas lückenhaft. Auf Grund amtlicher Statistik und privater Mitteilung der Behörden (aus Hessen und Elsaß-Lothringen) ist nachfolgende Tabelle entworfen:

Zahl der Gemeinden mit einem Besitz von ha	in Baden (1902)	Elsaß-L. (1909)	Hessen (1912)	Württbg. (1887)	Kanton Zürich (1880)
bis 1,0	52	—	—	112	—
1,1—5,0	145	10	—	259	6
5,1—10,0	87	27	—	181	2
10,1—20,0	124	53	350	199	8
20,1—30,0	98		—	120	6
30,1—40,0	63	221	—	104	8
40,1—50,0	68		—	72	7
50,1—100,0	269	266	122	242	34
100,1—200,0	344	225	116	268	56
200,1—500,0	302	189	96	216	22
500,1—1000,0	75	60	38	47	1
über 1000	23	26	—	18	1
Durchschnitt pro Gemeinde:	164	182	120	107	127

Bis zu 50 ha besitzen in Baden 39, in Elsaß-Lothringen 29, in Hessen 49, in Württemberg 57 % aller Gemeinden und Körperschaften.

Die durchschnittliche Größe des Waldbesitzes einer Gemeinde beträgt im preußischen Regierungsbezirk Aachen 116, Wiesbaden 166, Kassel 90, in Frankreich 206; in Bayern r. d. Rh. 31.

Ein großer Teil der Gemeinden erreicht nur einen Besitz von 50 ha. Die Gemeinden müssen in der Mehrzahl unter den Kleinbesitz eingereiht werden.

10. Die Größe der Privatwaldungen schwankt innerhalb weiter Grenzen; von 40—50 000 ha des adeligen bis zu 1 a des bäuerlichen Besitzes.

Nach der Betriebszählung von 1907 sind im Deutschen Reich 7 679 759 ha Wald mit landwirtschaftlichen Betrieben verbunden; im Durchschnitt entfallen auf einen Betrieb 1,34 ha Wald. Auf die Besitzesgröße von 0,1—50 a kommen 4 802 300 ha Wald, d. h. ⅓ der gesamten Waldfläche gehört den kleinen bäuerlichen Parzellenbesitzern.

Die Betriebszählung von 1895 hatte ergeben, daß von 100 Forstbetrieben entfallen [1])

auf die Größenklasse

unter 1 ha	42,69	
1— 2 ha	17,14	89,86
2—10 ha	30,03	
10— 20 ha	5,44	8,65
20—100 ha	3,21	

11. Ein Teil des Staatswaldes, ein Teil des Gemeinde- und Privatwaldes kann unter den Mittelbesitz gezählt werden; der größte Teil

[1]) Statist. Jahrb. für das D. Reich 1909, 55.

des Gemeindebesitzes und fast aller Privatbesitz gehört aber zum Kleinbesitz.

Dieser letztere ist also vorherrschend. Nimmt man noch die Parzellierung des Besitzes und des Waldes hinzu, so ergibt sich ein bedeutendes Überwiegen des parzellierten Kleinbesitzes. In diesem sind die waldbaulichen Aufgaben ganz anderer Art, als in dem vielfach größere, zusammenhängende Flächen umfassenden Staatsbesitz.

Da die forstlichen Schriftsteller größtenteils Staatsforstbeamte sind, so werden von ihnen die Fragen des großen Staatswaldes in den Vordergrund gestellt. Volkswirtschaftlich erheischt der kleine Besitz dieselbe Aufmerksamkeit, wie der mittlere und große Besitz.

12. Bei größerem Besitz ist die Wirtschaft in mancher Hinsicht leichter einzurichten und zu führen als bei kleinem oder gar sehr kleinem Besitze.

Der größere, zumal der große Besitz ist über ein weites Gebiet verteilt. Die natürlichen Verhältnisse des Klimas, Bodens, der Höhenlage, des steilen oder leichten Abfalls der Hänge weisen eine größere Mannigfaltigkeit auf. Die Zahl der Holzarten im Walde ist größer; bessere und geringere Bonitäten, gestörte Altersklassenverhältnisse, günstige und ungünstige Absatz- und Preislagen können sich in ihrer Wirkung ausgleichen; Schädigungen durch Sturm, Schnee, Insekten verteilen sich auf eine größere Fläche und können durch anderweitige wirtschaftliche Maßregeln in ihrem Einflusse abgeschwächt werden. Die Generalkosten der Verwaltung sind beim Großbesitz verhältnismäßig geringer, die Konzentrierung der Mittel (große Schläge, Arbeiter, Wegebau, Waldeisenbahnen) zu bestimmten Zwecken ist erleichtert. Großhandel und die für solchen Zweck nötige Ausdehnung der Schläge ist fast nur beim Mittel- und Großbesitz durchführbar. Bei kleinem Besitz, insbesondere bäuerlichem Besitz, ist die intensive Detailwirtschaft, die von stärkerer Verwendung von Arbeit bei Kulturen, Reinigungen, Durchforstungen, Ausästungen, Entwässerungen, beim Transport abhängt, leichter einzuführen. Die Wirtschaft ist vom Stand der Arbeitslöhne und bei eigener Verwendung der Erzeugnisse auch vom Marktpreise unabhängig. Die Verwaltungskosten fallen fast vollständig weg, so daß vom Rohertrag eine verhältnismäßig große Quote als Reinertrag übrig bleibt.

Diese Verhältnisse wirken auf alle waldbaulichen Maßregeln bald stärker, bald schwächer ein. Der Unterschied tritt am schärfsten hervor, wenn derselbe Wirtschafter unter sonst gleichen Verhältnissen die Wirtschaft bald im Staats-, bald Gemeinde-, bald Privatwalde zu leiten hat.

Aus den dargelegten Verhältnissen ergibt sich, daß die Wirtschaft im Staatswalde in mancher Hinsicht leichter zu führen ist, als im Gemeinde- und Privatwalde. Im letzteren wird oft mit geringen Geldmitteln die höchste Leistung erzielt.

§ 12. **Die rechtlichen Verhältnisse des Waldes.**

1. Im Staats-, Gemeinde- und Körperschafts-, im Fideikommißwalde ist die Wirtschaft durch die Forderung der Nachhaltigkeit und der ungeschmälerten Erhaltung des Holzkapitals gebunden. Lichtungshiebe, selbst stärkere Durchforstungen können vom letzteren Gesichtspunkte aus beanstandet werden. Bei bestimmten Bürgerholzgaben müssen gewisse Sortimente und Holzarten im Walde stets vorrätig sein; so, wenn die jährliche Gabe z. B. aus 5 Rm buchenen Scheitern, 1 Rm buchenen Prügeln, 2 Rm Nadelholzscheitern, 100 buchenen und 50 Nadelholzwellen besteht. Weitere Anforderungen können an den Wirtschafter gestellt werden, wenn die Bürgerzahl stetig zunimmt, die Bürgergabe aus dem Gemeindewalde aber nicht verringert werden darf. Besondere Aufgaben erwachsen an Flüssen, wenn für Uferschutzbauten stets geeignetes Holz zu Faschinen etc. vorhanden sein soll. Ähnliche Fälle treten ein, wenn ein Wald als Schutzwald bewirtschaftet werden soll.

Auch Servituten können zu einer bestimmten Wirtschaft zwingen: Weideservituten zu Mittel- oder Plenterwald, Streurechte zur Laubholzwirtschaft. Im Spessart und anderen Waldgebieten konnten wegen der Berechtigung der Umwohner zu Dürrholz etc. die ersten Durchforstungen nicht vor dem 60. Jahr vorgenommen werden. Zu Nutzholz taugliches Holz kann den Berechtigten als Brennholz zugewiesen werden müssen.

2. Die Gemenglage der Waldungen verschiedener Besitzer kann die Wirtschaft hemmend, wohl selten fördernd beeinflussen (Sturmgefahr, Beschattung des Nachbarwaldes, Sonnenbrand, Grenzbäume, Wasserabfluß, Transportrichtung, Viehweide, Wildschaden).

3. Die Wirtschaft im Walde ist nicht frei, wo der Staat Gesetze über die Waldwirtschaft erläßt, diese durch seine Organe beaufsichtigt oder durch seine Beamten ausführen läßt (Beförsterung der Gemeindewaldungen etc.)

4. Endlich spielt die Organisation der Verwaltung auch in waldbaulicher Beziehung eine große Rolle. Wo über dem einzelnen Wirtschafter eine Aufsichtsbehörde steht, kommt oft nicht die Auffassung des Wirtschafters, sondern diejenige des Aufsichtsbeamten zur Geltung. In der Frage der Verwaltungsorganisation wird diesem Punkte mit Recht eine hervorragende Bedeutung zugeschrieben. Waldbaulich kann je nach den Persönlichkeiten die ganze Wirtschaft umgestaltet werden. Bald wird die Fichte, bald die Buche; bald die schwache, bald die starke Durchforstung; bald die natürliche Verjüngung, bald die Kahlhiebswirtschaft mit Pflanzung vom Aufsichtsbeamten bevorzugt. Beim Wechsel in der Person desselben kann innerhalb 10 Jahren ein vollständiger Umschwung in der ganzen Wirtschaft von 10 und mehr Revieren eintreten.

§ 13 **Die historische Entwicklung der Wirtschaft.**

1. Für die Beurteilung der gegenwärtigen Wirtschaft, insbesondere der gegenwärtigen Erträge ist vor allem festzuhalten, daß der augenblickliche Waldzustand viel mehr von der früheren, als der gegenwärtigen Wirtschaft abhängig ist. Holzart, Betriebsart, Altersklassen-Verhältnis, Qualität des Holzes, gesunde oder rotfaule, gerade oder krumme, astreine oder gabelige Stämme, Regelmäßigkeit oder Lückenhaftigkeit des Schlusses, Bodenverfassung, Graswuchs, Humusdecke, sind in der Hauptsache das Ergebnis der früheren Wirtschaft. Änderungen des Waldzustandes sind oft erst nach längerer Zeit durchführbar, in älteren Beständen oftmals geradezu ausgeschlossen.

2. Äußere Verhältnisse, wie sie überliefert sind, können manchmal bestimmend auf die Wirtschaft einwirken. Der landwirtschaftliche Betrieb einer Gegend kann vom Bezug von Streu, Gras, Plaggen aus dem Walde abhängig sein. Seit längerer Zeit bestehende Handwerks- und Industriezweige (Drechsler, Wagner, Papier-, Werkzeug-, Zündholzfabriken, Gerbereien, Schmelzwerke, Glashütten, Köhlereien, Käsereien, Molkereien im Gebirge), auch Handelsunternehmungen sind an die sichere Lieferung von Handelsware gebunden. Arbeiter rechnen auf feste Gelegenheit zum Verdienst während des Winters; Fuhrwerksbesitzer auf Beschäftigung der Zugtiere; die arme Bevölkerung auf unentgeltliche Gewinnung von Leseholz, Baumfrüchten, Beeren, Pilzen.

Gerade soziale Verhältnisse können die Beibehaltung oder nur allmähliche Änderung der bisherigen Wirtschaft rätlich machen.

3. Vorhandene Einrichtungen müssen benützt werden. Wege, Riesen, Waldeisenbahnen, Floßeinrichtungen werden beachtet bei der Verteilung der jährlichen Hiebe, der Zurichtung bestimmter Sortimente. Auch die Ausnutzung der Einrichtungen und die Amortisierung der Anlagekosten können bestimmend auf die Hiebsanlage wirken (Drahtseilriesen im Gebirge).

4. Das Verlassen der herkömmlichen Betriebsweise kann zu erheblichen Störungen in der Wirtschaftslage des Waldbesitzers führen. Ein sprechendes Beispiel sind die Eichenschälwaldungen, die in mancher Gemeinde den Hauptteil des Waldbesitzes bilden und nun wegen der gesunkenen Rindenpreise in andere Betriebsarten umgewandelt werden müssen. Auch der Übergang von der Mittelwald- zur Hochwaldwirtschaft stößt vielfach bei den Gemeinden auf Widerstand. Die Beschränkung oder gar Abschaffung der Ziegenweide in den Gebirgswäldern ist nur sehr schwer durchzuführen.

Alle solche Änderungen sind nur in längeren Zeiträumen im Walde möglich und stellen gerade an das waldbauliche Können des Wirtschafters (Verminderung der Ertragsausfälle durch gesteigerte Erträge) die höchsten Anforderungen.

III. Zusammenfassung.

§ 14. Die rationelle Wirtschaft.

1. Die Statistik zeigt, daß die Materialerträge, die Geldroherträge, die Kosten und Reinerträge der Waldwirtschaft innerhalb weiter Grenzen sich bewegen. Die Materialerträge schwanken zwischen 2 und 10 Fm, die Geldbruttoerträge zwischen 40—160, die Kosten zwischen 8 und 40, die Geldreinerträge zwischen 20 und 100 ℳ pro Hektar Waldfläche.

Dies rührt teils von den natürlichen Verhältnissen der Fruchtbarkeit, teils von ökonomisch-sozialen Faktoren, teils von der früheren und jetzigen Bewirtschaftung her.

Von diesen Faktoren sind die natürlichen Verhältnisse der Einwirkung des Waldbesitzers fast ganz entzogen; im großen ganzen müssen sie als unveränderlich bezeichnet werden.

Die ökonomisch-sozialen Verhältnisse sind in der Hauptsache ebenfalls als gegeben zu betrachten, sofern sie außerhalb des Waldes liegen und mit der allgemeinen Wirtschaft eines Volkes im Zusammenhang stehen.

Diese natürlichen und ökonomischen Verhältnisse ändern sich von Ort zu Ort, die ökonomisch-sozialen sind auch in der Zeit einem fortwährenden Wechsel unterworfen.

2. Die Folge dieser allgemeinen Verhältnisse ist, daß die Wirtschaft sogar in zwei benachbarten Bezirken zu gleicher Zeit verschieden sein kann und muß, und daß sie im Laufe der Jahre auch am gleichen Orte sich ändern kann und ändern wird.

Gleich oder annähernd gleich kann die Wirtschaft nur unter gleichen natürlichen und ökonomischen Verhältnissen sein. Diese Gleichheit kann bald auf ausgedehntem Gebiete, bald nur auf kleinen Flächen vorhanden sein (norddeutsche Tiefebene gegenüber dem gebirgigen Thüringen; rascher Wechsel der Bonität in der Keuperformation; verschiedene Dichtigkeit der Bevölkerung nach Kreisen und Gemeinden).

3. Die Aufgabe der rationellen, d. h. auf wissenschaftlicher Einsicht beruhenden Wirtschaft, besteht darin, die einzelnen Maßregeln den gegebenen Verhältnissen anzupassen, das unter bestimmten Verhältnissen erreichbare Maximum des Ertrags bei einem Minimum der Kosten zu erzielen.

Hohe Erträge sind nicht immer ein Beweis sorgfältiger, niedere Erträge nicht immer ein Zeugnis schlechter Wirtschaft. Die Wirtschaft unter ungünstigen natürlichen oder sozialen Verhältnissen kann sogar viel feiner sein als dort, wo ausgezeichneter Boden einen hohen Zuwachs liefert.

4. Um die Wirtschaft in jedem einzelnen Falle richtig gestalten zu können, müssen die Verhältnisse zutreffend beurteilt, die gegebenen Voraussetzungen genau erkannt werden.

Jedem Praktiker drängt sich die fundamentale Wichtigkeit dieser Forderung von selbst auf. Hat er z. B. seinen Wirkungskreis gewechselt, so ist sein erstes Bestreben, „die neuen Verhältnisse kennen zu lernen". Diese „Verhältnisse" bilden eben den Inhalt der §§ 3—13. Im praktischen Betriebe geht ihre Würdigung der technischen Maßregel voraus. Bei jeder Exkursion mit Studierenden macht der führende Wirtschafter zunächst Mitteilung über die „allgemeinen Verhältnisse", wie auch bei Versammlungen der Waldbeschreibung eine Darstellung der allgemeinen Verhältnisse vorausgeschickt wird. Beides geschieht nur in dem Gedanken, daß die Wirtschaft im einzelnen ohne diesen allgemeinen Teil nicht verständlich wäre.

Aus demselben Grunde ist auch an diesem Orte die allgemeine Besprechung der natürlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse den forsttechnischen Abschnitten vorangestellt worden.

§ 15. Aufgabe und Begriff des Waldbaus.

1. Die Aufgabe des Waldbaus als praktische Tätigkeit ist zu unterscheiden von der Aufgabe des Waldbaus als Wissenschaft.

Die praktische Aufgabe des Waldbaus ergibt sich aus den vielerlei Zwecken, welchen der Wald zu dienen hat (§ 2). In der Hauptsache besteht sie in der Erhaltung und Bewirtschaftung vorhandener Wälder und in der Begründung neuer Wälder auf waldlosem Boden. Die letztere Tätigkeit tritt hinter die erstere weit zurück. Es sind Ausnahmefälle, in denen durch ausgedehnte Aufforstungen der Wald erst geschaffen werden muß.

Wie gestaltet sich nun die genannte Aufgabe im einzelnen praktischen Falle? Wie unter den in § 4—13 geschilderten tatsächlichen Verhältnissen?

Begleiten wir die großen, kleinen und kleinsten Waldbesitzer oder ihre Wirtschafter in den Wald hinaus. Welche Erwägungen stellen sie an, bevor sie die spezielle Aufgabe, die vorliegt, in Angriff nehmen? Die Überlegung geht dahin, auf welche Weise der Zweck am sichersten, vollkommensten und billigsten erreicht werden könne.

Technische und ökonomische Gesichtspunkte kommen also in jedem praktischen Falle gleichzeitig in Betracht.

Welche Holzart verspricht auf einem bestimmten Boden ein sicheres Gedeihen, welche wirft die höchsten Erträge ab, welche kann auf die billigste Art an- oder nachgezogen werden? Welche Bewirtschaftung ist erforderlich,

wenn der Wald gegen Lawinen oder Steinschlag schützen soll? Bei welcher Art von Bestockung wird dieser Schutz am sichersten und vollkommensten geleistet? Bei welcher Waldbehandlung sind die entstehenden Kosten am geringsten? Welche Art der Bewirtschaftung erfüllt den Zweck am sichersten und billigsten, wenn die Waldweide, die Streunutznng unentbehrlich ist oder wenn ein großer Wildstand erhalten werden soll? u. s. w.

2. Liegen für die zu lösende Aufgabe eigene oder fremde Erfahrungen vor, so können diese nicht ohne weitere Überlegung angewendet werden. Eine mechanische Übertragung fremder Erfahrungen findet ja vielfach statt. Will man sich aber vor Fehlgriffen hüten, so wird man stets prüfen müssen, unter welchen natürlichen oder wirtschaftlichen Verhältnissen die Erfahrungen gewonnen worden sind. Die richtige Beurteilung der „Verhältnisse“ ist die Bedingung für die Anwendbarkeit anderweitiger Erfahrung.

Haben sich gewisse Maßregeln im Walde nach längerer und öfterer Anwendung als richtig bewährt, so pflegt man sie als allgemeine Erfahrung in der Form von „Regeln“ kurz und präzis zusammenzufassen.

Diese Regeln zu sammeln und systematisch zu ordnen, hat man vielfach als die Aufgabe des Waldbaus als Wissenschaft bezeichnet.

3. Damit ist der wissenschaftliche Inhalt des Waldbaus aber nicht erschöpft, wie ein Gang durch den Wald mit verschiedenen Waldbesitzern oder Wirtschaftern ohne weiteres zeigt. Welche Aufgabe erwächst für die Wissenschaft, wenn für einen bestimmten Fall Erfahrungen nicht vorliegen? Wenn z. B. exotische Holzarten eingeführt werden sollen oder wenn eine einheimische Holzart außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes angebaut werden soll? Wenn mehrere Holzarten in neuer Form gemischt werden sollen usw.?

Nach welchen Anhaltspunkten soll in solchen Fällen geurteilt, die künftige Entwickelung vorausgesagt werden?

In diesen Fällen muß die Wissenschaft die mangelnde Erfahrung ersetzen.

4. Eine oft und oft wiederkehrende Aufgabe der Wissenschaft besteht sodann in der Erklärung vorhandener Wachstumsverhältnisse. Von welcher Ursache rührt das geringe Gedeihen einer Holzart, der Wechsel der Bestockung, die lückenhafte Verjüngung etc. her? Warum hat sich eine bestimmte Maßregel als verfehlt erwiesen, die an einem andern Orte vom besten Erfolg begleitet war (Mischungsart, Durchforstungsgrad, Überhaltbetrieb usw.)?

5. Deutlich treten diese Aufgaben der Wissenschaft heraus, wenn man die Fragen an sich vorüberziehen läßt, welche während eines Waldganges vom Waldbesitzer (der ja in vielen Fällen ein Bauer ist), vom

wissenschaftlich und technisch gebildeten Wirtschafter und auch vom Unterpersonal gestellt werden.

Am schärfsten ausgeprägt ist die Aufgabe der Wissenschaft für den Lehrer, der den Studierenden auf Exkursionen die Verschiedenartigkeit der Verhältnisse vor Augen führen und die darauf gegründete Wirtschaft erklären will. Die Exkursionsgebiete können oft so gewählt werden, daß kurz nach einander gerade die gegenteiligen Verhältnisse (nasser—trockener Grund, lehmiger—sandiger Boden, hohe—niedere Temperatur, hohe—geringe Niederschläge) besprochen werden müssen. Ein andermal p[illegible] individuelle Standpunkt des Waldbesitzers oder Wirtschafters [illegible]ien oder ähnlichen Verhältnissen dargelegt werden (Bevorzugung der einen oder anderen Holzart, schwache oder starke Durchforstung, natürliche oder künstliche Verjüngung — leichter oder schwieriger Absatz, hohe oder niedere Preise usw.).

In allen diesen Fällen handelt es sich um die Vegetation von Gewächsen. Das Wachstum geht nach bestimmten Naturgesetzen vor sich. Diese Naturgesetze sind teils bekannt, teils noch nicht bekannt. Alle Erscheinungen im Walde, soweit sie natürliche Vorgänge sind, müssen auf *Naturgesetze* zurückgeführt werden. Soweit sie wirtschaftlicher Natur sind, müssen sie als Ausfluß der *volks- und privatwirtschaftlichen Verhältnisse* oder, wie man es auch ausgedrückt findet, als die Folge *wirtschaftlicher Gesetze* nachgewiesen werden.

Die Waldbauwissenschaft hat, wie jede Wissenschaft, die Aufgabe, die Tatsachen und Erscheinungen festzustellen und die Ursachen der Erscheinungen zu ergründen.

Die Mittel hiezu sind *Erfahrung* und *wissenschaftliche Forschung*. Auf beiden muß der wissenschaftliche und der praktische Waldbau aufgebaut sein. Für den reinen Empiriker ist die wissenschaftliche Forschung nicht unbedingt erforderlich. Der wissenschaftlich gebildete Wirtschafter dagegen wird die Erfahrung nicht entbehren können.

§ 16. Die Methode.

I. Allgemeine Grundsätze.

1. *Woher stammt das Material*, das in diesem Buche mitgeteilt und verarbeitet ist?

Diese Frage muß zunächst beantwortet werden, weil sie für den Wert oder Unwert, die Sicherheit und Zuverlässigkeit der einzelnen Ausführungen entscheidend ist.

In dieser Beziehung sind *die Tatsachen und die aus den Tatsachen gezogenen Schlüsse* scharf auseinanderzuhalten.

Die Tatsachen können ungenau oder lückenhaft oder mittelst einer falschen Methode erhoben sein. In diesem Falle ist der Abschnitt über die tatsächlichen Verhältnisse von geringem Werte; bei Anwendung einer falschen Methode wird er fast ganz wertlos sein. Natürlich sind dann auch die Schlüsse, die aus den Tatsachen gezogen werden, ganz oder fast ganz wertlos. Nur aus richtig erhobenen Tatsachen können richtige Schlüsse abgeleitet werden.

Hieher gehört z. B. das große Gebiet der Schlüsse, die aus den gar nicht oder nur oberflächlich untersuchten Bodenverhältnissen gezogen werden. Der andere Fall ist, daß aus richtigen Tatsach... richtige oder halbrichtige Folgerungen abgeleitet werden. So wenn eine Erscheinung auf einen einzigen Faktor zurückgeführt wird, während mehrere Faktoren (Boden und Klima; Temperatur, Feuchtigkeit und Licht) zusammenwirken.

In vielen Fällen werden Tatsachen und subjektive Urteile oder Schlüsse miteinander vermengt, so daß man beide nicht von einander trennen kann. Sätze, wie: „das Klima ist zu ungünstig", „der Boden ist zu trocken" knüpfen an tatsächliche Erscheinungen an, ohne die zugrunde liegenden Verhältnisse genauer mitzuteilen. So kann man dann nicht beurteilen, ob die gezogenen Schlüsse zutreffend sind. Trockenheit des Bodens kann von zu geringer Niederschlagsmenge oder zu großer Durchlässigkeit des Bodens selbst herrühren.

2. Hauptgrundsatz, der bei Abfassung des Buches streng durchgeführt wurde, ist, von den feststehenden Tatsachen auszugehen, die Methode, mittelst welcher diese gewonnen wurden, anzugeben, die Richtigkeit der Voraussetzungen und die allgemeine oder beschränkte Gültigkeit der Schlüsse zu prüfen.

Aus den Tatsachen und den gesicherten Resultaten wissenschaftlicher Forschung werden Schlüsse gezogen, die als solche leicht zu erkennen sind.

Dies gilt für das von mir selbst gesammelte, wie für fremdes Material. Wenn für letzteres die tatsächlichen Unterlagen fehlen, ist eine Prüfung unmöglich. Die von diesem oder jenem Autor ausgesprochene „Ansicht" mag von Interesse sein; weitere Schlüsse können aus einer „Ansicht" nicht abgeleitet werden. Ist aber die Tatsache mitgeteilt, so kann sich jeder die „Ansicht" selbst bilden. Nichts ist leichter, als eine Ansicht auszusprechen. Groß dagegen ist die Arbeit, bis das Tatsachenmaterial gesammelt, gesichtet und verarbeitet ist.

Es ist zweckmäßiger, von der Methode waldbaulicher Forschung ausführlicher erst zu reden, wenn das ganze Material dem Leser bekannt geworden ist. Aus dieser Erwägung ist der IV. Teil des Buches hervorgegangen, auf den hier verwiesen werden muß.

In diesem Sinne ist es auch aufzufassen, wenn im folgenden die Methoden kurz beschrieben werden, die zu den einzelnen Sätzen geführt haben. Die Besprechung der einzelnen Methoden ist ebenfalls im IV. Teil enthalten.

II. Die Methoden im einzelnen.

3. Ein großer Teil des Materials entstammt

A. Der Beobachtung im Walde.

Gelegenheit bot sich mir bei meiner Tätigkeit in der praktischen Verwaltung. Naturgemäß beschränkt sich der Wirkungskreis des einzelnen auf ein mehr oder weniger enges Gebiet. So bei mir auf Württemberg. Ähnliches wird bei den meisten Waldbauschriftstellern zutreffen: Heyer hat hessische, Burckhardt hannoversche, Dengler badische, Ney elsässische, Gayer bayerische, Weise preußische, Landolt schweizerische Verhältnisse durch die praktische Tätigkeit genauer kennen gelernt.

Seit vielen Jahren lebe ich nun fern von meinem süddeutschen Verwaltungsbezirke. Aber regelmäßige, oft jährlich mehrmalige Besuche haben mich in enger Fühlung mit ihm erhalten, sodaß ich alle Wandlungen im Laufe von 44 Jahren genau verfolgen konnte.

4. Ein ausgedehntes Gebiet der Beobachtung eröffnete sich mir durch die Lehrtätigkeit in Zürich und in Tübingen. Die Zahl der „Exkursionen", d. h. der Waldgänge mit den Studierenden, hat während einer 31 jährigen Lehrtätigkeit 700 weit überschritten. Die verschiedensten natürlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse spiegelten sich in den zahlreichen Waldbildern wieder. Die Mitteilungen der Wirtschafter, die uns durch den Wald begleiteten, die Erklärungen, die sie den Studierenden gaben, die Besprechungen, welche alle Seiten eines Problems beleuchteten, das Für und Wider scharf hervorhoben, die vielen Fragen, die sich an eine Wahrnehmung anschlossen, die verschiedenen Anschauungen, die von den einzelnen Wirtschaftern geltend gemacht wurden, führten notwendigerweise zur genauen Beobachtung und allseitigen Erwägung der einflußreichen Faktoren.

In den Exkursionen ist dem Lehrer reiche Gelegenheit zum Sammeln von Material geboten, das er aus eigener Anschauung kennen gelernt hat. Ich kann nur mit aufrichtigem Danke an die vielen Praktiker mich erinnern, die in Deutschland, in der Schweiz und in Frankreich die Führung bei den Exkursionen übernommen haben.

5. Besondere Studienreisen führten mich durch ganz Deutschland, Österreich, Ungarn, Italien, Frankreich, Belgien, Holland, Dänemark, Schweden, Norwegen. Ein weites Gebiet der Beobachtung kommt zu dem vorigen hinzu. So gründlich konnte freilich das Stu-

dium der Verhältnisse in fremden Ländern nicht vorgenommen werden, wie im heimischen Wirkungskreise.

Ein allen Anforderungen entsprechendes, d. h. alle Länder gleichmäßig berücksichtigendes Werk wird nie von einem einzelnen ausgehen können. Die verschiedenen Länder und Wirtschaftsgebiete müßten von lokal genau orientierten Fachmännern besonders bearbeitet werden[1]).

6. Ein sehr großer Teil des Materials entstammt

B. Besonderen Beobachtungen und Versuchen,

die ich als Vorstand der Versuchsanstalten in der Schweiz und in Württemberg angestellt habe. Wo durch die einfache Beobachtung die Bedeutung eines Faktors nicht erkannt werden kann, muß der Versuch, das Experiment zu Hilfe genommen werden. Die Forstwissenschaft hat mit dem Versuchswesen den Forscherweg der Naturwissenschaft betreten. Über die Eigentümlichkeit waldbaulicher Versuche ist im IV. Teil das Nähere ausgeführt. Ein großer, wenn nicht der größte Teil der Untersuchungen und Versuche ist dem waldbaulichen Gebiet gewidmet. Die Versuche sind nicht Selbstzweck, sondern sollen für den Waldbau sichere wissenschaftliche Unterlagen liefern.

Das heute vorhandene, auf eigener und fremder Forschung beruhende Material wird in solchem Umfange mitgeteilt werden, daß die entscheidenden Punkte scharf heraustreten und die abgeleiteten Sätze nachgeprüft werden können.

7. Eine weitere Quelle, welcher der Stoff dieses Buches entstammt, ist

C. Die Literatur.

Vor allem ist die naturwissenschaftliche Literatur über Agrikulturchemie, Bodenkunde, Meteorologie und Klimatologie, Pflanzenphysiologie, Pflanzengeographie, Botanik und Forstbotanik, insbesondere in ihrer Anwendung auf waldbauliche Probleme hervorzuheben. Sie ist vollständig herangezogen, soweit es der Zweck waldbaulicher Forschung und Wissenschaft nötig macht. Der Waldbau ist nichts weiter als (bewußt oder unbewußt) angewandte Naturwissenschaft.

---

[1]) Praktisch gelöst finden wir diese Aufgabe in den Wirtschaftsregeln, die für die wichtigsten Waldgebiete getrennt gehalten sind. Wissenschaftlich wird ähnliches erst möglich sein, wenn einmal für alle Waldgebiete wissenschaftlich abgefaßte Monographien vorhanden sind. In vorbildlicher Weise hat Meister die Stadtwaldungen von Zürich nicht nur vom praktischen, sondern auch vom wissenschaftlichen Standpunkte aus geschildert (199 S. [2]240 Seiten). Über die „Betriebsverhältnisse der deutschen Landwirtschaft“ hat die Deutsche Land wirtschaftsgesellschaft bis jetzt 25 Monographien herausgegeben. Der Wal findet stets Berücksichtigung.

Von naturwissenschaftlicher Forschung wird er die meiste Förderung erfahren. In die Forstwissenschaft ist aber — im schroffen Gegensatz zur Landwirtschaft — die Naturwissenschaft noch wenig eingedrungen.

Die forstliche Literatur: Bücher, Zeitschriften, Vereinsberichte, werden hauptsächlich im III. Teil (Praxis des Waldbaus) zur Geltung kommen.

8. Endlich sind

D. Die statistischen Quellenwerke

zu nennen. Aus diesen sind die Zahlen über die wirtschaftlichen Verhältnisse entnommen. In Betracht kommt die allgemeine Statistik, wie die speziell forstliche Statistik.

9. Ein Wort über die Art der Darstellung mag noch am Platz sein.

Beim Durchblättern des Buches wird eine ungewohnte Eigentümlichkeit sofort ins Auge fallen: das Zahlen- und Tabellenmaterial. In den Werken von Gayer, Mayr etc. findet sich keine einzige größere Tabelle, kaum die eine oder andere Zahl. Wozu der ganze Zahlenapparat? wird mancher Leser fragen. Eine Durchsicht von Hanns Meteorologie (642 S.), Ramanns Bodenkunde (619 S.), oder der 20 Bände von Wollnys Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik etc. überzeugt, daß auf diesen Gebieten der zahlenmäßige Nachweis der Ergebnisse der Forschung die einfache Wortschilderung weit überwiegt. Meteorologische Beobachtungen, chemische Analysen, Sickerwassermengen, Höhen- und Massenwachstum etc. können genau nur in Zahlen ausgedrückt werden. Die Zahlentabelle ist das Sichere und Bleibende, das weiteren Schlüssen und Theorien als Unterlage dient. Letztere können nur nachgeprüft werden, wenn die Zahlen mitgeteilt sind. In manchen Fällen kann die Wortschilderung ausreichen. Wer aber tiefer in den Gegenstand eindringen und wer für spezielle Einzelfragen sich Orientierung verschaffen will, kann die Zahlenwerte nicht entbehren.

Auch auf dem forstlichen Gebiete muß die Zahlentabelle, die auf Zählung und Messung beruht, den Angaben vorgezogen werden, die durch Schätzung gewonnen werden. Daß die Fichte und Tanne höhere Massenerträge liefern, als die Buche, ist im allgemeinen richtig. Wie groß der Unterschied in Festmetern ist, wie er auf verschiedenen Bonitäten, bei verschiedener Bewirtschaftung sich gestaltet, muß aber durch die Zahl nachgewiesen werden.

Wir können nicht der weitverbreiteten Abneigung gegen die Statistik zuliebe die wertvollen Errungenschaften, welche die statistische Methode

uns gebracht hat, verächtlich beiseite lassen. Das Gebiet, auf welchem Unsicherheit herrscht und der Kampf der Meinungen mit allgemeinen Worten geführt wird, wird immer noch sehr groß bleiben.

§ 17. Einteilung.

Der Waldbau als praktische Tätigkeit soll auf wissenschaftlichen Grundsätzen beruhen.

Im I. Teil werden die natürlichen,

im II. Teil die wirtschaftlichen Faktoren der waldbaulichen Produktion besprochen.

Diesen Erörterungen schließt sich

im III. Teil die Darstellung der Praxis des Waldbaus an.

Der IV. Teil enthält Beiträge zur Geschichte der Wissenschaft und Praxis des Waldbaus.

§ 18. Waldbau und Waldbaulehre.

1. Das Wort Waldbau wird in verschiedener Bedeutung angewendet. Zunächst bezeichnet es die Art der Bodenbenutzung im Gegensatz zu Feldbau, Acker-, Wiesen-, Weinbau. Das erstemal kommt das Wort in diesem Sinne 1764 vor[1]) („von den Feldern zum Waldbau abgeben“); dieser Sprachgebrauch hat sich bis heute erhalten.

Sodann bedeutet Waldbau soviel wie Anzucht, Anbau wilder Bäume, gleichbedeutend mit Holzbau, Holzanbau, Holzkultur, Forstbau. In diesem Sinne gebraucht es Hager 1764 in seinem „Unterricht von dem Waldbau“ betitelten kleinen Werke. Er erläutert den Ausdruck dahin, daß er gleichbedeutend sei mit „Anzucht und Vermehrung der wilden Bäume“. Öttelt[2]) will eine Prüfung für Förster eingeführt wissen, in welcher Kenntnisse in Waldbau, Forstbenutzung, Einrichtung nachgewiesen werden sollen. Öttelt ist es also, der zuerst den „Waldbau“ als einen Teil der Forstwissenschaft ganz im heute üblichen Sinne gebraucht.

Dieser Vorgang von Öttelt und Hager ist aber unbeachtet geblieben; die späteren Schriftsteller wenden durchweg die Ausdrücke Holzbau, Holzzucht, Holzkultur an.

So gab Georg L. Hartig 1791 seine „Anweisung zur Holzzucht für Förster“ heraus. Er bemerkt erläuternd, daß keine Bemühung des Forstwirts wichtiger sei, als die „Nachzucht des Holzes“ oder „die Erziehung junger Wälder“. Er unterscheidet die „natürliche Fortpflan-

---

[1]) Anonym in Stahls Forstmagazin 4, 21; da die Vorrede zu diesem Bande vom 1. Mai 1764 datiert ist, wohl schon 1763 geschrieben.

[2]) Beweis, daß die Mathesis beim Forstwesen unentbehrliche Dienste tue. Die Vorrede ist datiert vom 26. Juli 1764.

zung der Wälder", die „natürliche Holzzucht" und die „künstliche Holzzucht". 1834 sagt er in seinem Konversationslexikon (S. 408): wenn man die natürliche von der künstlichen Holzzucht unterscheiden will, so nennt man die natürliche Besamung Holzzucht, und die künstliche (Saaten. Pflanzung) Waldbau oder Holzanbau. Diese Unterscheidung in natürliche und künstliche Holzzucht hat er auch in seinem Lehrbuch für Förster und ebenso in seiner „Forstwissenschaft nach ihrem ganzen Umfange" 1832 durchgeführt. In der 10. Auflage des „Lehrbuchs für Förster" faßt Theodor Hartig 1861 unter dem Namen „Waldzucht" die Betriebslehre und die Erziehungslehre zusammen; letztere zerfällt wieder in Holzzucht und Holzanbau (II, 3).

Von H. Cotta wurde 1817 das Wort „Waldbau" in seiner „Anweisung zum Waldbau" wieder verwendet. Er handelt in dieser Anweisung aber auch die Ernte des Holzes ab; es soll unter Waldbau eben das verstanden werden, was man in der Feldwirtschaft unter „Feldbau" begreift. Der Waldbau lehrt also die Erziehung, Pflege und Ernte des Holzes. Die Holzerziehung teilt Cotta in Holzzucht und Holzanbau. Da die Wahl des Ausdrucks Waldbau von der Kritik getadelt wurde, so rechtfertigt er den Ausdruck und das Einbeziehen der Holzernte in der Vorrede zur 2. Auflage (S. XI).

Hundeshagen[1]) teilt die Forstwissenschaft in Forstwirtschaftslehre und Forstpolizeilehre; die Forstwirtschaftslehre in Produktionslehre und Gewerbslehre. In der Produktionslehre unterscheidet er einen vorbereitenden Teil (allgemeine und besondere Forstbotanik, Boden- und Gebirgskunde, Klimatologie und Pflanzengeographie) und einen angewandten Teil: mit 1. Waldbau; 2. Forstbenutzung; 3. Forstschutz. Der Waldbau enthält nach Hundeshagen[2]) „die Grundsätze und Regeln zu einer vollkommenen natürlichen Fortpflanzung und künstlichen Anzucht der Waldungen". Die Grundsätze müssen sich auf die in der besonderen Forstbotanik dargestellten Eigenschaften der Forstgewächse stützen. Der Waldbau zerfällt in Holzzucht und Holzanbau. In der Holzzucht wird sowohl die natürliche Begründung als auch die Erziehung, im Holzanbau nur die künstliche Begründung der Bestände abgehandelt.

Den Ausdruck Waldbau wendeten ferner an: Laurop, Gwinner, Liebich, Stumpf, Heyer (neben „Forstproduktenzucht"), Fischbach, Gayer, Wagener, Ney, Weise, Mayr.

Pfeil gab 1821/22 die Schrift heraus: „Das forstliche Verhalten der deutschen Waldbäume und ihre Erziehung"; diesen Titel behielt er in den späteren Ausgaben bei. Als Untertitel hatte er 1821: Holzkenntnis

---

[1]) Enzyklopädie der Forstw. 1821. [2]1828.

[2]) [2]I, 179.

und Holzerziehung gewählt und daselbst als Teil der eigentlichen Forstwissenschaft „Waldbau oder Holzzucht“ aufgezählt. 1860 erschien das Werk unter dem Titel: „Die deutsche Holzzucht“.

Widenmann schlug 1824 vor, statt Holzzucht und Holzanbau die Bezeichnung Walderziehung und Waldanbau als dem weiteren Begriffe entsprechend zu wählen.

Borggreve[1]) schließt sich ausdrücklich G. L. Hartig und Pfeil an und versteht unter „Holzzucht“ die bestmögliche Zucht und Erziehung des Holzes.

König handelt in seiner „Waldpflege“ 1849 einen Teil des Waldbaus ab.

Heute hat das Wort Waldbau wohl die Herrschaft erlangt; es ist umfassender als das Wort Holzzucht und gibt den vollen Inhalt der wissenschaftlichen Darstellung, wie der praktischen Tätigkeit an.[2])

2. Ein Teil der Schriften über Waldbau enthält fast nur die aus der praktischen Erfahrung abgeleiteten Regeln für die Anzucht oder den Anbau und die Erziehung der Bestände. Ein anderer Teil sucht diese Regeln aus allgemeineren Erwägungen abzuleiten. Wieder ein anderer Teil schickt dem eigentlichen Gegenstande längere oder kürzere Abhandlungen aus der Forstbotanik und Standortslehre voraus.

Da heute über Meteorologie, Klimatologie, Agrikulturchemie, Geologie, Bodenkunde, Pflanzengeographie, allgemeine Botanik, Forstbotanik besondere Werke zur Verfügung stehen, die von Fachmännern abgefaßt sind, so ist es nicht mehr nötig, die allgemeinen Lehren in ein Werk über Waldbau aufzunehmen. Dagegen ist es zweckmäßig, von den allgemeinen Lehren die waldbaulich wichtigen Abschnitte kurz zusammenzufassen und als Grundlage für die Lösung waldbaulicher Aufgaben zu verwerten. Soll endlich die Waldbaulehre wissenschaftlichen Charakter erhalten, so kommt die weitere Aufgabe hinzu, die Erschei-

---

[1]) Holzzucht 1885, S. 1.

[2]) „Sylvicultura oeconomica“ oder „Anweisung zur wilden Baumzucht“ hat 1713 Hans Carl von Carlowitz sein in der Hauptsache dem „Waldbau“ gewidmetes Werk betitelt. — Französisch kommt „Sylviculture“ neben „Culture des bois“, und „Traitement des bois“ vor. Italienisch: Selvicoltura. — Petrus de Crescentiis handelt in seinem berühmten Werke „Commodorum ruralium libri duodecim“ (ca 1304—1306) von nemoribus, quae naturaliter proveniunt und solchen, quae hominum industria fiunt. Bei ersteren wird die natürliche Verjüngung, bei letzteren Saat und Pflanzung besprochen. Von den Schriftstellern des Mittelalters [Isidor von Sevilla (596—663), Rhabanus Maurus (ca 847), der Äbtissin Hildegard (1099—1180), Albertus Magnus (1193—1280), Vincentius Bellovacensis (vor 1264)] wird der waldbauliche Abschnitt gewöhnlich überschrieben: De arboribus. — In der ersten Naturgeschichte in deutscher Sprache, im „Buch der Natur“ von Konrad Megenberg 1349—50 lautet die Überschrift: „Von den Paumen.“

nungen im Bestandesleben und die waldbaulichen Maßregeln im einzelnen naturwissenschaftlich zu begründen und zu erklären (§15).

Die tägliche Beobachtung zeigt ferner, daß die Waldbehandlung zugleich von wirtschaftlichen Verhältnissen beeinflußt ist.

Die Waldbaulehre ist daher die Lehre von der auf naturgesetzlichen Grundlagen und ökonomischen Rücksichten beruhenden Waldbehandlung oder Waldbewirtschaftung.

Das vorliegende Werk will aber nicht bloß ein Lehrbuch sein, in dem die wichtigsten Sätze kurz zusammengefaßt sind. Es soll vielmehr ein Handbuch sein, in dem der Waldbesitzer, der praktische Wirtschafter für die vielen praktischen Fälle, die sich nicht mit allgemeinen und kurzen Lehrsätzen erledigen lassen, Orientierung findet.

§ 19. Die waldbauliche Literatur.

Ein Verzeichnis der waldbaulichen selbständigen Bücher und Schriften ist im IV. Teil enthalten. Die Schriften werden in abgekürzter Form zitiert, (statt 2. Aufl. 2. Band S. 14: ^{2}2,14).

Die Zeitschriften werden ebenfalls in abgekürzter Form angegeben. Das Verzeichnis der Abkürzungen s. am Schlusse des Vorworts.

Eine kritische Übersicht über die Literatur folgt ebenfalls im IV. Teil.

I. Teil.

Die natürlichen Faktoren der waldbaulichen Produktion.

§ 20. Übersicht und Einteilung.

1. Die technische Produktion beruht auf dem Wachstum der Waldbäume, Gräser, Moose etc.

Es müssen daher zunächst die natürlichen Bedingungen des Wachstums der Waldbäume besprochen werden, wie sie in der Eigentümlichkeit der einzelnen Holzarten, den Verhältnissen des Klimas und Bodens gegeben sind.

Auf die Ergebnisse dieser Untersuchung muß das technische Verfahren bei der Bewirtschaftung, d. h. der praktische Waldbau gegründet werden.

2. Die natürlichen Bedingungen der waldbaulichen Produktion sind:

1. die Holzarten,
2. der Standort, das Klima, der Boden.
3. die waldbaulich wichtigen Eigenschaften der Holzarten.

Aus den vorherrschend naturwissenschaftlichen Untersuchungen werden die Schlußfolgerungen für den praktischen Waldbau abgeleitet werden.

I. Abschnitt. **Die Holzarten.**

§ 21. Allgemeines.

1. Wie weit soll in der Lehre vom Waldbau die Besprechung der Holzarten ausgedehnt werden, nachdem in zahlreichen Werken über Botanik und Forstbotanik die Besonderheiten jeder Holzart eingehend erörtert werden? Diese Frage ist von jeher verschieden beantwortet worden. In der einen Gruppe von Lehrbüchern nimmt die Schilderung der Holzarten einen breiteren Raum ein — sogar ausführliche botanische Beschreibungen werden manchmal eingeflochten —, in der andern ist sie sehr eingeschränkt und öfters mit der Nennung des Namens der Bäume erschöpft. Zur ersteren Gruppe gehören aus älterer Zeit die Werke von Göchhausen, Carlowitz, Flemming, Döbel, Beckmann,

Cramer, Brocke, Gleditsch, Suckow, Jung, Burgsdorf, Däzel, Trunk, Nau, Sierstorpff, Heldenberg, Zschokke, Seutter, Pfeil, Kasthofer, aus neuerer Zeit: Borggreve, Boppe, Mayr. Zur letzteren Klasse sind zu zählen diejenigen von Büchting, Jeitter, Hartig, Medicus, Walther, Drais, Friedel, Cotta, Hundeshagen, Laurop, Zötl, Liebich, Feistmantel, Parade, König, Grabner, Gwinner, Stumpf, Heyer, Wagener, Ney, Gayer, Weise.

2. Bis in die neueste Zeit herein macht sich also eine verschiedene Auffassung geltend. Aber schon 1790 bemerkt Andreae[1]), daß die Studierenden der hohen Schulen auf die Botanik verwiesen werden.

Sehr ausführliche forstbotanische Werke erschienen damals von Walther 1790, Borkhausen 1800, Wagner und Helbig 1801, denen später diejenigen von Reum 1837 und Hartig 1840 folgten.

Der neueren Zeit gehören die botanischen Schriften von Fischbach[2]), Heß[3]), Nördlinger[4]), Willkomm[5]), v. Tubeuf[6]), Hempel und Wilhelm[7]) an. Besonders hervorzuheben ist wegen der umfassenden Bearbeitung der Biologie die „Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas" von Kirchner, Löw und Schröter[8]).

Mehr allgemeiner botanischer Natur sind: Beißner, Nadelholzkunde, 1891; Beißner, Schelle und Zabel, Handbuch der Laubholzbenennung, 1903; Schneider, Laubholzkunde, I. Band, 1906; Schwarz, Forstliche Botanik, 1892; Büsgen, Bau und Leben unserer Waldbäume, 1897. Wertvolle Mitteilungen enthalten die Jahresberichte der dendrologischen Gesellschaft.

Die älteren Baumnamen führt wohl Walther, (Die vorzüglichen in- und ausländischen Holzarten mit deutschen, lateinischen, englischen, französischen Namen 1790), am vollständigsten auf. So gibt er u. a. für Feldahorn 24, Bergahorn 9, Spitzahorn 20, Hainbuche 13, Buche 9, Wacholder 21, Kiefer 33, Tanne 6, Fichte 9, Traubenkirsche 44, Stieleiche 15, Traubeneiche 12, Vogelbeere 27, Eibe 19 verschiedene deutsche Bezeichnungen an.

Beim Studium der Weistümer und Forstordnungen, sowie älterer forstlicher Werke leistet jene Nachweisung gute Dienste.

3. Alle rein botanischen Aufgaben (Systematik, Beschreibung der Pflanzen im einzelnen) werden zweckmäßig den botanischen Werken überwiesen, in denen sie von Fachmännern behandelt werden. Da-

---

[1]) Charakteristik inländ. Forstbäume. Vorrede.
[2]) Katechismus der Forstbotanik. 6. Aufl. von Beck. 1905.
[3]) Eigenschaften und forstl. Verhalten der Holzarten. 3. A., 1905.
[4]) Forstbotanik, 1874—76.
[5]) Forstliche Flora. 2. A., 1877.
[6]) Die Nadelhölzer, 1897.
[7]) Die Bäume und Sträucher des Waldes, 1899.
[8]) Erscheint seit 1904 in Lieferungen.

gegen müssen die biologischen Gesichtspunkte (die geographische Verbreitung, die Standortsansprüche, die Wachstumsverhältnisse, das Schattenertragen, die Wurzel- und Kronenentwickelung, die Lebensdauer und Fortpflanzung) auch in einem waldbaulichen Werke besprochen werden, weil die Bewirtschaftung und Behandlung der Wälder auf diese Eigenschaften gegründet ist und die Erörterung dieser Gebiete mit Rücksicht auf die praktische Verwertung in den botanischen Werken doch nicht ausführlich genug ist.

Um Wiederholungen zu vermeiden, ist es zweckmäßig, nicht jede Holzart für sich aufzuführen, sondern die sämtlichen Holzarten unter bestimmten Gesichtspunkten ins Auge zu fassen. Dadurch wird der weitere Vorteil erreicht, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Holzarten schärfer hervortreten.

§ 22. Die Bäume und Sträucher, sowie sonstige waldbaulich wichtige Gewächse des mitteleuropäischen Waldes.

1. Für die Aufnahme in das unten folgende Verzeichnis ist die Tatsache des natürlichen oder künstlichen Vorkommens, nicht etwa die waldbauliche Bedeutung oder die Verwendung einer Holzart zu irgend welchem Zwecke maßgebend. Die Unterscheidung zwischen wichtigen und weniger wichtigen, häufig oder selten auftretenden, bestandesbildenden oder nur einzeln sich findenden Holzarten, überhaupt zwischen Haupt- und Nebenholzarten ist immer unsicher und willkürlich. Die Hasel hat im Hochwalde geringe Bedeutung, im Niederwalde kann sie die herrschende Holzart sein usw.

Die älteren Schriftsteller über Forstbotanik führen alle oder fast alle unten genannten Holzarten auf, während die Bücher über Waldbau in der Regel sich auf einige wenige zu beschränken pflegen. So bemerkt Hartig in seiner Holzzucht, 3. Aufl. S. 2, daß seine Anweisungen sich nur auf diejenigen einheimischen Holzarten beziehen, die „ihrer Allgemeinheit und ihres ausgebreiteten Nutzens wegen unsere vorzügliche Aufmerksamkeit verdienen“. Er führt auf: 1. Eiche, 2. Buche, 3. Hainbuche, 4. Birke, 5. Erle, 6. Ulme, 7. Bergahorn, 8. Esche, 9. Pappel, 10. Weide, 11. Kiefer, 12. Rottanne, 13. Weißtanne, 14. Lärche. (Ähnlich neuestens Weise: Waldbau 1911.)

Die späteren Schriftsteller beschränken sich bald auf die wichtigsten Holzarten, bald führen sie die Holzarten mehr oder weniger vollzählig an.

2. In der nachstehenden Übersicht sind die im mitteleuropäischen Walde und in den angrenzenden Gebieten vorkommenden Holzarten aufgeführt. Die Bäume und Sträucher sind nicht getrennt, einmal weil der Unterschied nicht durchgreifend ist (Feldahorn wird auch baumförmig etc.), sodann, weil die Arten einer Gattung auseinandergerissen werden was die Übersicht erschwert.

Aus demselben Grunde ist eine Ausscheidung nach Familien etc. unterlassen; sie muß in den botanischen Werken nachgesehen werden. Die alphabetische Reihenfolge erleichtert das Aufsuchen der Arten. Die lateinische Bezeichnung ermöglicht die Zusammenstellung aller Arten derselben Gattung (alle Ahorn etc.).

3. Es sind ausgeschieden: A. einheimische, B. ausländische Holzarten. Von letzteren sind diejenigen aufgenommen, welche häufiger angebaut werden. Auch botanisch ausführlich handelt über die ausländischen Holzarten Mayr[1]). Unter C. sind die häufigsten Unkräuter und Standortsgewächse des Waldes kurz aufgeführt, soweit sie waldbaulich von Bedeutung sind. Mehr Einzelheiten bei Ratzeburg[2]), Willkomm[3]).

Verzeichnis der Pflanzen.

A. Einheimische Holzarten.

I. Nadelhölzer.

1. *Abies pectinata*, Tanne, Weißtanne, Edeltanne.
2. *Juniperus communis*, Wacholder; — *nana* Zwergwacholder.
3. *Larix europaea*, Lärche.
4. *Picea excelsa*, Fichte, Rottanne.
5. *Pinus austriaca*, Schwarzföhre, Schwarzkiefer.
6. *Pinus cembra*, Arve, Zirbelkiefer.
7. *Pinus montana*[4]), geradstämmige, aufrechte Bergföhre.
8. *Pinus pumilio*, Krummholzföhre, Legföhre, Latsche, Knieholz.
9. *Pinus uncinata*, Hackenföhre, Spirke.
10. *Pinus mughus*, Sumpfföhre.
11. *Pinus silvestris*, Föhre, Fohre, Forche, Forle, Kiefer, Weißkiefer.
12. *Taxus baccata*, Eibe.

II. Laubhölzer.

13. *Acer campestre*, Feldahorn, Maßholder.
14. ,, *platanoides*, Spitzahorn.
15. ,, *pseudoplatanus*, Bergahorn.
16. *Aesculus hippocastanum*, Roßkastanie.
17. *Alnus glutinosa*, Schwarzerle.
18. ,, *incana*, Weißerle.

---

[1]) Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa, 1906 und Waldbau, 1909, 146—216.

[2]) Standortsgewächse und Unkräuter Deutschlands und der Schweiz, 1859.

[3]) Forstl. Flora, 939—949.

[4]) Wo die Pinusarten, insbesondere *silvestris* und *montana*, bei einander stehen, bilden sich Bastarde. Zweifellos in Graubünden und anderwärts in den Alpen. Nach Mayr (Waldbau S. 161) auch in Südfrankreich; letzteres allerdings von d'Alverny bestritten. Vgl. Schröter, Pflanzenleben der Alpen. S. 74 u. 91.

19. *Alnus viridis*, Grünerle, Alpenerle.
20. *Amelanchier vulgaris*, Felsenbirne.
21. *Berberis vulgaris*, Sauerdorn.
22. *Betula verrucosa*, Birke, Weißbirke.
23. ,, *pubescens*, Ruchbirke.
24. ,, *humilis*, } Zwergbirke.
25. ,, *nana* }
26. *Carpinus betulus*, Hainbuche, Weißbuche, Hornbaum.
27. *Castanea vesca*, Edelkastanie.
28 *Cornus mas*, Kornelkirsche, Dürrlitze.
29. ,, *sanguinea*, Hartriegel.
30. *Corylus avellana*, Haselnuß.
31. *Cotoneaster vulgaris*, Zwergmispel.
32. *Crataegus monogyna*, Weißdorn.
33. ,, *oxyacantha*, Weißdorn.
34. *Cytisus laburnum* (*Laburnum vulgare*), Goldregen.
35. ,, *nigricans*, Geißklee.
36. *Evonymus europaeus*, Spindelbaum.
37. *Fagus silvatica*, Rotbuche.
38. *Fraxinus excelsior*, Esche.
39. *Hippophaë rhamnoides*, Sanddorn.
40. *Ilex aquifolium*, Stechpalme.
41. *Juglans regia*, Walnuß.
42. *Ligustrum vulgare*, Rainweide.
43. *Lonicera caprifolium*, Geißblatt.
44. ,, *xylosteum*, Heckenkirsche.
45. *Pirus communis*, Holzbirne.
46. ,, *malus*, Holzapfel.
47. *Populus alba*, Weißpappel.
48. ,, *nigra*, Schwarzpappel.
49. ,, *tremula*, Zitterpappel, Aspe, Espe.
50. *Prunus avium*, Vogelkirsche.
51 ,, *mahaleb*, Weichselkirsche.
52. ,, *padus*, Traubenkirsche.
53. ,, *spinosa*, Schwarzdorn.
54. *Quercus pedunculata*, Stieleiche.
55. ,, *sessiliflora*, Traubeneiche.
56. ,, *cerris*, Zerreiche.
57. *Rhamnus cathartica*, Wegdorn, Kreuzdorn.
58. ,, *frangula*, Faulbaum, Pulverholz.
59. ,, *saxatilis*, Felsenkreuzdorn.
60. *Salix acutifolia*, Kaspische Weide.
61. ,, *alba*, Weißweide, Silberweide.

62. *Salix amygdalina*, Mandelweide.
63. ,, *caprea*, Sahlweide.
64. ,, *daphnoides*, Seidelbastweide.
65. ,, *purpurea*, Purpurweide.
66. ,, *repens*, kriechende Weide.
67. ,, *viminalis*, Korbweide.
68. *Sambucus nigra*, Schwarzer Holunder.
69. ,, *racemosa*, Traubenholunder.
70. *Sorbus aria*, Mehlbeere.
71. ,, *aucupària*, Vogelbeere.
72. ,, *domėstica*, Speierling.
73. ,, *torminalis*, Elsbeere.
74. *Staphylea pinnata*, Pimpernuß.
75. *Tilia grandifolia*, Sommerlinde.
76. ,, *parvifolia*, Winterlinde.
77. *Ulmus campestris*, Feldulme.
78. ,, *effusa*, Flatterulme.
79. ,, *montana*, Bergulme.
80. *Viburnum òpulus*, Schneeball.

B. Ausländische Holzarten.

I. Nadelhölzer.

1. *Abies balsamea*, Balsamtanne.
2. ,, *Nordmanniana*, Nordmannstanne.
3. *Chamaecyparis Lawsoniana*, Lawsons-Scheincypresse.
4. *Larix leptolepis*, Japanische Lärche.
5. ,, *sibirica*, Sibirische Lärche.
6. *Picea alba*, Weißfichte.
7. ,, *pungens*, Blaufichte.
8. ,, *sitkaënsis*, Sitkafichte.
9. *Pinus Banksiana*, Banksföhre, Bankskiefer.
10. ,, *rigida*, Pechföhre.
11. ,, *strobus*, Weymouthsföhre.
12. *Pseudotsuga Douglasi*, Douglasie.
13. *Sequoia gigantea*, Riesensequoie.
14. *Thuja gigantea*, Riesenlebensbaum.

II. Laubhölzer.

15. *Acer dasycarpum*, Silberahorn.
16. ,, *saccharinum*, Zuckerahorn.
17. *Carya alba*, Weiße Hickory.
18. *Fraxinus americana*, Weiße Esche.
19. *Juglans cinerea*, Graue Walnuß.

20. *Juglans nigra*, Schwarze Walnuß.
21. *Liriodendron tulipifera*, Tulpenbaum.
22. *Platanus occidentalis*, Amerikanische Platane.
23. ,, *orientalis*, Orientalische Platane.
24. *Prunus serotina*, Späte Traubenkirsche.
25. *Populus balsamea*, Balsampappel.
26. ,, *canadensis*, Kanadische Pappel.
27. ,, *monilifera*, Rosenkranz-Pappel.
28. ,, *pyramidalis*, Italienische Pappel.
29. *Quercus rubra*, Roteiche.
30. *Robinia pseudoacacia*, Akazie.

C. Unkräuter und charakteristische Bodenflora.

1. *Anemone nemorosa*, Windröschen.
2. *Asperula odorata*, Waldmeister.
3. *Calluna vulgaris*, Heide.
4. *Carex brizoides*, Seegras.
5. *Clematis vitalba*, Waldrebe.
6. *Convallaria majalis*, Maiblume.
7. *Daphne mezereum*, Seidelbast.
8. *Digitalis purpurea*, Fingerhut.
9. *Epilobium angustifolium*, Weidenröschen.
10. *Equisetum*, Schachtelhalm (mehrere Arten).
11. *Erica tetralix*, Glockenheide, Doppheide.
12. *Filices*, Farne (mehrere Arten).
13. *Hedera helix*, Efeu.
14. *Hypnum*, Laubmoos (mehrere Arten).
15. *Impatiens Nolimetangere*, Springkraut.
16. *Juncus*, Binse (mehrere Arten).
17. *Lycopodium*, Bärlapp (mehrere Arten).
18. *Mercurialis perennis*, Bingelkraut.
19. *Oxalis acetosella*, Sauerklee.
20. *Polytrichum*, Widerthon (mehrere Arten).
21. *Rhododendron*, Alpenrose (mehrere Arten).
22. *Ribes grossularia*, Stachelbeere.
23. *Rosa canina*, Hundsrose.
24. *Rubus caesius*, Brombeere.
25. ,, *idaeus*, Himbeere.
26. *Sambucus ebulus*, Zwergholunder.
27. *Senecio silvaticus*, Waldgreiskraut.
28. *Spartium scoparium*, Besenpfrieme.
29. *Sphagnum*, Sumpfmoos (mehrere Arten).
30. *Vaccinium myrtillus*, Heidelbeere.

31. *Vaccinium oxycoccus*, Moosbeere.
32. ,, *uliginosum*, Rauschbeere,
33. ,, *vitis idaea*, Preißelbeere.
34. *Viburnum lantana*, Schlingstrauch.
25. *Vinca minor*, Immergrün.
36. *Viscum album*, Mistel.

§ 23. Die waldbauliche und wirtschaftliche Bedeutung der einzelnen Holzarten.

1. Der Hauptunterschied verschiedener Holzarten in waldbaulicher Beziehung besteht darin, daß die einen über große Flächen rein oder in Mischung sich ausbreiten, die anderen selten in reinen Beständen, sondern mehr vereinzelt im Walde vorkommen. Zur ersteren Gruppe gehören: Fichte, Tanne, Föhre, Lärche; im Gebirge Arve, Bergföhre, Grünerle; Buche, Eiche, Erle, Birke, Kastanie, Hainbuche, Aspe, Schwarzpappel. Zur letzteren sind zu rechnen: Esche, Bergahorn. Spitzahorn, Ulme, Linde, Kirschbaum, Apfelbaum, Birnbaum, Elzbeerbaum, Speierling.

Diese letzteren treten in der großen Wirtschaft zurück, werden vielfach bei der Bestandeserziehung vernachlässigt, nicht selten sogar bei Reinigungs- und Durchforstungshieben ganz entfernt.

2. Der Bedarf an diesen selteneren Holzarten ist nicht sehr umfangreich. Die Industrie und das Gewerbe bedürfen solcher Hölzer nur zu ganz bestimmten Zwecken und Verwendungsarten. Aber der Wert und Preis dieser seltenen Holzarten ist ein sehr hoher; er übertrifft denjenigen des Nadelholzes um das drei- bis vierfache. Da die Massenproduktion dieser Holzarten bei zweckentsprechender Erziehung vielfach nicht geringer ist, als die der übrigen Baumarten, so ist die Anzucht dieser seltenen Holzarten sehr lohnend.

Der Bezug geringer Quantitäten aus entfernten Gegenden ist sehr umständlich und durch die hohen Transportkosten verteuert.

Das Studium ihrer Lebensbedingungen ist erschwert und wegen unrichtiger Behandlung oder schablonenhafter Wirtschaft ihre Erhaltung gefährdet.

Vor einem Grundfehler muß der Waldbesitzer sich hüten. Es dürfen nicht einseitig gewisse Holzarten begünstigt, andere gering geschätzt oder ausgerottet werden.

§ 24. Statistische Nachweise über die bestandesbildenden Holzarten.[1])

1. Deutsches Reich.

Im Jahre 1900 hat in sämtlichen Waldungen eine Erhebung über

[1]) In mehreren Ländern haben Aufnahmen über die Flächen stattgefunden. welche von den (etwa 10—12) bestandesbildenden Holzarten bedeckt werden. Aus diesen Übersichten geht die Bedeutung der wichtigsten Holzarten für die

die bestandesbildenden Holzarten stattgefunden[1]). Gemischte Bestände wurden hiebei der vorherrschenden Holzart zugerechnet.

Die Erhebung der Holzarten wurde mit derjenigen über die Betriebsarten verbunden; in der folgenden Übersicht sind letztere ebenfalls enthalten.

Holz- und Betriebsarten im Deutschen Reich nach der Aufnahme von 1900.

A. Laubholz.

	ha		% der Waldfläche
1. Niederwald			
Eichen	446 537,2		
Weidenheeger	35 708,5		
Sonstiger Stockausschlag . .	465 434,2		
Zusammen 1. Niederwald. . .		947 679,9	6,8
2. Mittelwald			
Stockausschlag mit vielen Oberholzbäumen		699 676,5	5,0
3. Plenterwald			
Eichen	53 034,3		
Birken, Erlen, Aspen . . .	91 795,9		
Buchen und sonst. Laubholz	180 661,3		
Zusammen 3. Plenterwald		325 491,5	2,3
4. Hochwald			
Eichen	532 395,0		
Birken, Erlen, Aspen . . .	212 339,7		
Buchen und sonst. Laubholz	1 827 216,9		
Zusammen 4. Hochwald		2 571 951,6	18,4
A. Laubholz überhaupt		4 544 799,5	32,5

B. Nadelholz.

	ha		% der Waldfläche
1. Plenterwald			
Kiefern	640 372,1		
Lärchen	3 633,4		
Fichten	325 451,4		
Tannen	74 344,7		
Zusammen 1. Plenterwald		1 043 801,6	7,4

---

einzelnen Länder und Landesteile hervor. — Die statistischen Nachweise aus neuerer Zeit sind nicht sehr zahlreich; es mußten deshalb auch ältere Aufnahmen herangezogen werden.

[1]) Vierteljahrshefte zur Stat. des D. Reichs. Ergänzungsheft zu 1903, II, S. 19. Eine neue Erhebung findet 1913 statt.

2. Hochwald	ha		% der Waldfläche
Kiefern	5 603 127,9		
Lärchen	13 308,8		
Fichten	2 492 122,2		
Tannen	298 708,5		
Zusammen 2. Hochwald		8 407 267,4	60,1
B. Nadelholz überhaupt		9 451 069,0	67,5

Deutschland zerfällt in zwei ungleiche Teile, den Westen von Schleswig-Holstein bis Baden mit vorherrschender Laubholz-, den Osten von Bayern bis Ostpreußen mit überwiegender Nadelholzbestockung.

In die Verteilung der Holzarten läßt sich ein genauer Einblick gewinnen, wenn die Länder und Landesteile auseinander gehalten und in der Reihenfolge aufgeführt werden, wie sie der absoluten Flächenausdehnung der betreffenden Holzart entspricht. So entstehen die folgenden Gruppen:

Eichen: Rheinprovinz, Hessen-Nassau, Elsaß-Lothringen, Hannover, Münster, Prov. Sachsen, Pommern, Brandenburg, Posen, Ost- und Westpreußen, Schlesien, Hessen; Arnsberg; Pfalz, Baden, Württemberg.

Buchen: Hessen-Nassau, Rheinprovinz, Baden, Bayern, Württemberg, Elsaß-Lothringen, Hessen, Hildesheim.

Birken, Erlen, Aspen: Ost- und Westpreußen, Brandenburg, Pommern, Posen, Schlesien; Bayern.

Föhren: Brandenburg, Schlesien, Bayern, Ost- und Westpreußen, Posen, Pommern, Hannover, Prov. Sachsen, Pfalz.

Lärchen: Bayern, Schlesien, Hannover, Württemberg, Baden.

Fichten: Bayern, Württemberg, Sachsen, Baden, Ostpreußen.

Tannen: Elsaß-Lothringen, Württemberg, Baden.

Das Nadelholz überwiegt in den Staatsforsten (73,4 %) und Privatforsten (71,8); das Laubholz hat große Bedeutung in den Gemeindeforsten und Genossenschaftsforsten (50,7 und 68,6 %). Dies hängt teilweise mit der Verteilung des Laubholzes zusammen; im Westen und Süden mit vorherrschender Laubholzbestockung liegen auch die meisten Gemeindewaldungen. Die Gemeinden haben länger an den überlieferten Holz- und Betriebsarten, namentlich am Niederwald und Mittelwald festgehalten.

2. In den österreichischen Staats- und Fondsforsten[1]) nehmen die einzelnen Holzarten nachstehende Flächen ein:

---

[1]) Schindler, a. a. O. S. 111.

Fichten	436 422	ha oder	48,8 %
Tannen	169 468	„ „	18,9 „
Lärchen	39 950	„ „	4,5 „
Kiefern überhaupt	29 319	„ „	3,3 „
Buchen überhaupt	179 997	„ „	20,2 „
Eichen	13 671	„ „	1,5 „
Erlen, Birken, Linden	12 391	„ „	1,4 „
Ahorne, Eschen, Ulmen	5 044	„ „	0,6 „
Aspen, Weiden	7 293	„ „	0,8 „
Zusammen	893 555	ha oder	100,0 %

Es entfallen somit in sämtlichen Staats- und Fondsforsten:

a) auf die Nadelholzbestände überhaupt 675 159 ha oder 75,5 %
b) auf die Laubholzbestände überhaupt 218 396 ha oder 24,5 %

3. In den ungarischen Staatswaldungen[1]) entfallen auf Eichen 15,5, Buchen und andere Laubhölzer 57,9, Nadelholz 26,6 %.

4. Die Schweiz.

Im Kanton Bern[2]) bedeckten 1867 die reinen Bestände 33,8, die gemischten 66,2 % der bestockten Waldfläche. Von den reinen Beständen sind reine Nadelholzbestände 24,7, reine Laubholzbestände 9,1 %; von den gemischten Beständen sind gemischte Nadelholzbestände 14,8, gemischte Laubholzbestände 4,4, aus Nadel- und Laubholz gemischte Bestände 47,0 %. Fichte und Buche sind sowohl in den reinen, als den gemischten Beständen vorherrschend vertreten. Die Weißtanne tritt zurück, ganz geringe Flächen nimmt die Kiefer, die Lärche, die Arve, die Eiche, die Erle ein. In den Hochalpen herrscht die Fichte weitaus vor mit 77 %, dann folgt die Buche mit 14 %.

Im Kanton Baselland[3]) sind die reinen Laubholzbestände (Buche, Eiche) mit 23 % die reinen Nadelholzbestände mit 7, die Mischungen von Nadelhölzern mit 4, die Mischungen von Laubhölzern mit 27, von Nadel- und Laubhölzern mit 37, die Mischungen überhaupt mit 68 % vertreten.

Der Kanton Thurgau[4]) weist größtenteils gemischte Bestände auf (Fichte, Tanne, Föhre, Lärche, Buche, Eiche, Esche).

Die Schweiz darf ohne Bedenken als das Land der gemischten Bestände (aus Nadelholz, aus Laubholz, aus Nadel- und Laubholz) bezeichnet werden.[5])

---

[1]) Bedö, Beschreibung, S. 49.
[2]) Forststat. des Kantons Bern, 1867. S. 30.
[3]) Die forstl. Verhältnisse im Kanton Baselland, 1898. S. 70.
[4]) Etter, Schweiz. Z. f. Fw. 1909, 261.
[5]) Auf Grund zahlreicher Aufschriebe bei Reisen und Exkursionen.

5. Ganz anders das Waldbild von Frankreich[1]). Von der Gesamtfläche mit 9 185 311 ha sind bestockt mit

Eichen	2 663 740	ha; von der gesamten Fläche	29,0 %
Buchen	1 745 209	,, ,, ,, ,, ,,	19,0 %
Hainbuchen	1 102 237	,, ,, ,, ,, ,,	12,0 %
Tannen	642 972	,, ,, ,, ,, ,,	7,0 %
Kiefern	413 339	,, ,, ,, ,, ,,	4,5 %
Fichten	275 559	,, ,, ,, ,, ,,	3,0 %
Lärchen	183 706	,, ,, ,, ,, ,,	2,0 %

Der Rest mit 23,5 verteilt sich auf Korkeiche 4,0, Seekiefer 3,0 und sonstige Holzarten mit 16,5 %.

Eiche, Buche und Hainbuche finden sich durch ganz Frankreich; sie bedecken 60 % der ganzen Waldfläche. Die Tanne kommt nur in den Vogesen, dem Jura, den Pyrenäen, auf dem Zentralplateau und in Korsika vor. Die Föhre ist vielfach künstlich angebaut, von Natur findet sie sich nur in den Vogesen, Alpen und im Zentralplateau. Die Fichte bildet ein schmales Band über den Tannen in den gebirgigen Gegenden des Ostens (Jura, Alpen, Vogesen); die Lärche ist nur in den Alpen einheimisch.

Die Laubholzbestände bedecken 65,0, die Nadelholzbestände 14,9, die aus Laub- und Nadelholz gemischten Bestände 17,6 % der ganzen Waldfläche.

Auf die reinen Bestände entfallen 27,1 % (und zwar 14,7 von Laubholz, 12,4 von Nadelholz), auf die gemischten 70,4 % (und zwar aus Laubholz 50,3, aus Nadelholz 2,5, aus Laub- und Nadelholz 17,6); dazu kommen noch 2,5 % Blößen.

6. Bei den Aufnahmen waren verschiedene Grundsätze maßgebend, die nicht immer mit der wünschenswerten Genauigkeit mitgeteilt sind.

Wenn im Deutschen Reich die gemischten Bestände nicht ausgeschieden wurden, so entsteht schon hierdurch eine Lücke in den tatsächlichen Angaben: die Fläche der gemischten Bestände ist gar nicht bekannt geworden. Die Zuteilung zur vorherrschenden Holzart kann für einen großen Teil der Waldungen natürlich nur auf Schätzung beruhen, wodurch die Flächenangaben wieder an Genauigkeit verlieren.

Das in den Wirtschaftsplänen niedergelegte Material, das im allgemeinen als zuverlässiger gelten kann, ist nicht überall verwertet und zugänglich gemacht. Vielleicht würden da und dort die Steuerregister eine wertvolle Ergänzung zu den sonstigen Aufnahmen liefern.

7. Wenn auch die Statistik der bestandesbildenden Holzarten noch mancherlei Lücken zeigt, so genügt sie doch, um ein Bild der Wirtschaft

[1]) Statistique for. I, 78.

verschiedener Gegenden zu entwerfen. Denn die Bestockung mit verschiedenen Holzarten wird der Wirtschaft einen bestimmten Charakter aufprägen.

Die Föhrenbestände im preußischen Osten, die Fichtenbestände in Bayern, Württemberg und Sachsen, die Tannenbestände im Elsaß, in Baden und Württemberg, die Buchenbestände in Hessen-Nassau und der Rheinprovinz, die Eichen- und Hainbuchenbestände Frankreichs, die gemischten Bestände in Österreich, Ungarn und der Schweiz geben schon äußerlich der Landschaft ein verschiedenes Aussehen, sie führen aber auch zu verschiedener Behandlung und Erziehung, zu verschiedenen Erträgen an Material und Geld und damit zu einer scharf ausgeprägten, vorherrschend von der Holzart bedingten Waldwirtschaft. Die gewöhnliche Auffassung geht aus dem Sprachgebrauch hervor; man unterscheidet eine Eichen-, Buchen-, Kiefern-, Fichten-, Tannenwirtschaft und will damit die charakteristischen Eigentümlichkeiten dieser Holzartenwirtschaft ausdrücken.

Zunächst erhebt sich nun die Frage, auf welche Ursachen diese Unterschiede in der Waldbestockung zurückzuführen sind? Sind es die natürlichen Wachstumsfaktoren des Klimas und des Bodens oder hat die Einwirkung des Menschen diese Waldverhältnisse hervorgerufen?

Hierüber soll die pflanzengeographische Forschung uns Auskunft erteilen.

§ 25.

Aus der Pflanzengeographie.

1. Die pflanzengeographische Literatur hat in der neuesten Zeit eine sehr erhebliche Bereicherung erfahren; gleichwohl haben die älteren Werke von A. de Candolle[1]) und Grisebach[2]) gerade für forstliche Studien ihre Bedeutung nicht verloren. Schon vom methodologischen Gesichtspunkt aus wird Grisebachs Untersuchung über die Verbreitung der Buche und der Tanne stets ihren Wert behalten.

Von den neueren pflanzengeographischen Arbeiten sind insbesondere zu nennen: Drude[3]), Warming[4]), Schimper[5]), Kerner[6]), Christ[7]), Schröter[8]), Gräbner[9]). In diesen Werken ist die weitere Literatur angegeben; namentlich ist auf Drudes Handbuch zu verweisen, das den Nachweis für alle Länder der Erde enthält.

---

[1]) A. de Candolle, Geographie botanique raisonnée, 1855.

[2]) Grisebach, Die Vegetation der Erde, 1872. 2. A., 1884.

[3]) Handbuch der Pflanzengeographie, 1890. Deutschlands Pfl.-G. I. Teil, 1896.

[4]) Ökologische Pfl.-G., 1896.

[5]) Pfl.-G. auf physiologischer Grundlage, 1898.

[6]) Das Pflanzenleben der Donauländer, 1863. Österreich-Ungarns Florenkarte im Physikalisch-Statistischen Handatlas von Österreich-Ungarn. Pflanzenleben [2]1896/98.

[7]) Das Pflanzenleben der Schweiz, 1879.

[8]) Das Pflanzenleben der Alpen, 1908.

[9]) Die Pflanzenwelt Deutschlands, 1909.

Von dem groß angelegten Werke: Die Vegetation der Erde, herausgegeben von Engler und Drude, sind mehrere Bände erschienen, welche unser pflanzengeographisches Wissen sehr erweitern. Hier sind zu nennen die von Drude[1]), Gräbner[2]), Pax[3]), Adamovic[4]), Engler[5]) verfaßten Bände.

Einzelne Gebiete sind in den botanischen Zeitschriften behandelt. Übersichtlich gehaltene Bearbeitungen über zahlreiche Gegenden Deutschlands finden sich in den „Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde"; besonders hervorzuheben sind verschiedene Abhandlungen von Höck[6]).

Aus diesen umfangreichen Werken sollen die forstlich wichtigen Ergebnisse kurz zusammengefaßt werden. Es handelt sich vor allem um die Abgrenzung natürlicher Waldgebiete, wie sich solche vom pflanzengeographischen Standpunkte aus ergeben. Eine Vergleichung der statistisch erfaßten Waldzonen mit den auf natürlichen Ursachen beruhenden pflanzengeographischen Zonen wird zu weiteren Erörterungen Anlaß geben.

2. Drude hat im Atlas der Pflanzenverbreitung [7]) für Mitteleuropa drei Hauptzonen unterschieden:

1. Die „Zone der gemischten nordeuropäischen Wälder" umfaßt Großbritannien, das südliche Norwegen und Schweden bis zum 60.° n. Br., Dänemark, die Nordküste von Frankreich, Belgien, Holland, die norddeutsche Tiefebene bis Finnland. Sie reicht im allgemeinen vom 60.° bis zum 52.° und schließt im Süden mit dem Beginn des mitteldeutschen Berglandes ab.

An diese Zone reiht sich nach Süden zu

2. die „Zone der mitteleuropäischen Wälder". Sie erstreckt sich vom 1. bis 29.° ö. L., vom mittleren Frankreich bis in die Balkanländer und ist im Süden durch die Alpenkette begrenzt. In den Alpen selbst wird

3. die Hochgebirgsregion von ihr unterschieden.

Die hauptsächlichsten Waldbäume (Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche; Buche, Eiche, Hainbuche, Birke etc.) sind diesen Regionen gemeinsam, wenn sie auch verschiedene Verbreitung in den einzelnen Zonen erreichen.

Man kann daher von einem mitteleuropäischen Waldgebiete sprechen. Vergleicht man ferner die Nachweise von Köppen[8]) über Ruß-

[1]) Der hercynische Florenbezirk, 1902.

[2]) Die Heide Norddeutschlands, 1901.

[3]) Die Pflanzenverbreitung in den Karpathen. I. Bd. 1898, II. 1908.

[4]) Die Vegetationsverhältnisse der Balkanländer, 1909.

[5]) Die Pflanzenwelt Afrikas, insbesondere seiner tropischen Gebiete. II. Band 1908.

[6]) Nadelwaldflora und Laubwaldflora Norddeutschlands u. mehrere andere.

[7]) Berghaus Physik. Atlas. V. 1887.

[8]) Geographische Verbreitung der Holzgewächse in Rußland. 1888.

land und die Aufzählung der für Italien wichtigen Holzarten bei Perona [1]), so läßt sich vom forstlichen Standpunkt aus sogar ein Teil von Ost- und Südeuropa noch diesem Gebiete angliedern.

Soweit die Holzarten in Betracht kommen, können also die nachfolgenden waldbaulichen Sätze in West-, Mittel- und Osteuropa, sowie in einem Teile von Nord- und Südeuropa Anwendung finden.

3. In seinem Werke „Deutschlands Pflanzengeographie" (S. 9 ff.) hat Drude weiterhin Deutschland in 5 Hauptregionen eingeteilt und diese in eine Karte (Beilage 1) nebst der anstoßenden Flora von Frankreich und Ungarn eingezeichnet.

Es werden unterschieden:

I. Nordatlantische Vegetationsregion bis zum 29. Meridian an der Westgrenze von Mecklenburg und gegen Süden bis zum 52.° n. B.

II. Die südbaltische Vegetationsregion von der Ostgrenze Mecklenburgs bis über die russische Grenze hinaus, im Süden und Osten durch eine Linie Magdeburg-Breslau begrenzt.

III. Die mittel- und süddeutsche Vegetationsregion, die vom Harz bis an die Voralpen reicht.

IV. Die subalpine Bergwälder-Vegetationsregion, welche der ganzen Alpenkette im Norden, Osten, Süden und Westen vorgelagert ist, ferner die Karpathen, mit Ausnahme der höchsten Lagen, und die sämtlichen deutschen und österreichischen Mittelgebirge (Vogesen, Schwarzwald, Erzgebirge etc.) umfaßt.

V. Die Hochgebirgs-Vegetationsregion erstreckt sich über die ganze Alpenkette von Genf bis Wien und über die Tatra in den Karpathen.

VI. An diese fünf Regionen schließt sich im Westen die zentralfranzösische, im Osten die westpontische Vegetationsregion an.

4. Diese Einteilung fällt nur teilweise zusammen mit derjenigen, welche Borggreve [2]) 1889 vom forstlichen Standpunkt aus entworfen hatte. Borggreve teilte nicht in Vegetationsregionen, sondern nach der Bestockung in Waldgebiete ein; sein Einteilungsgrund ist also weniger botanischer, als nur geographisch-statistischer Natur. Er unterscheidet: 1. das norddeutsche Kieferngebiet, 2. die norddeutsche Heide, 3. das niederrheinisch-westfälische Eichengebiet, 4. das westdeutsche Buchen- 5. das mitteldeutsche Fichten-, 6. das süddeutsche Tannen- und Fichten-, 7. das pfälzische Buchen- und Kiefern-, 8. das reichsländische Tannen- und Buchengebiet, 9. den Auelaubwald.

Nur die Drudesche Zone I und II decken sich mit Borggreves Gebieten 1 und 2; die übrigen Gebiete Borggreves stellen Unterabteilungen der Drudeschen Zone III dar.

[1]) Economia forestale.

[2]) Forschungen zur deutschen Landeskunde 3, 1—31.

Dem Gedanken Borggreves kommt Drude dadurch näher, daß er außer den erwähnten Vegetationszonen noch besondere Waldformationen unterscheidet[1]), die aus den Bäumen und einigen Nebenarten von Sträuchern etc. hergeleitet werden. Er bemerkt hiezu, daß es schwierig sei, eine klare Einteilung der Waldformationen zu erreichen, weil außerordentlich mannigfaltige Modulationen und Umgestaltungen durch die Forstkultur und der Mangel an genügenden Vorarbeiten eine solche Formationsbildung sehr erschweren. Eine solche Arbeit liege nur in der Schrift von Frhrn. v. Räsfeldt[2]) über den „Wald in Niederbayern nach seinen natürlichen Standortsverhältnissen" vor.

Es wäre eine sehr verdienstliche Arbeit der Forstwirte aller Gaue, wenn sie dem Vorgange v. Räsfeldts entsprechend eine genaue Ausscheidung aller Wälder vornehmen würden. In den allgemein statistischen Werken und den für die Vereinsversammlungen ausgearbeiteten „Führern" etc. ist da und dort bereits der Anfang gemacht. Jene Darstellungen sind aber der Natur der Sache nach allgemein gehalten und das Festhalten des gemeinsamen Grundgedankens wird vielfach vermißt.

5. Sehen wir uns die 14 Waldformationen — im Gegensatz zu den Vegetationsregionen — näher an, welche Drude für das ganze deutsche und das nordalpine Gebiet ausgeschieden hat.[3]) Die charakteristischen Merkmale jeder Formation sind zur näheren Erläuterung beigefügt:

1. Kiefernheidewald. Kiefer, meist mit Birke; Heide, Preißelbeere, Heidelbeere, Wacholder. Mangel an Unterholz von Laubbüschen. Norddeutsche Tiefebene, im Süden dürre, sandige Höhen durch das Gebiet zerstreut.
2. Südöstlicher Schwarzföhrenwald. In Österreich auftretend. Allem Unterholz feindlich, höchstens schwache Grasnarbe; Wacholder. Künstlich zur Bewaldung kahler Kalkhöhen, auch in Deutschland verwendet.
3. Auewald; periodisch nasser Untergrund durch Überschwemmung etc.; niedere Regionen, insbesondere norddeutsche Niederung. Fehlen der Buche. Stieleiche, Ulme, Esche, Hainbuche; auch Ahorn, Linde; üppiges Unterholz von Hasel, Faulbaum, Weiden, Espen, Ulmen; nur ausnahmsweise Heide.
4. Bruchwald; naß, versumpft, manchmal moorig. Schwarzerle, auch Birke, Aspe; „Erlenbruch" in Norddeutschland; auch Böhmen, Ungarn. Weide, Schwarzpappel. Reiches Unterholz von Weiden, Faulbaum etc.; Uferstreifen an Flüssen und Bächen der niedrigen Regionen.

---

[1]) a. a. O. 303.

[2]) Botan. Verein in Landshut. 13. Bericht 1892/93.

[3]) a. a. O. 304. Vgl. Roßmäßler, Der Wald. 3. Aufl. von Willkomm.

5. Gemischte Laubholzformation im Nieder- und Mittelwald der tieferen Regionen. Rheinischer und nordatlantischer Bezirk, deutsches Hügelland. Nicht mehr nasser Untergrund, daher Buche, mit Eiche, Hainbuche, Birke, Linde, Ahorn, Esche, Salweide; zahlreiche Sträucher wie Spindelbaum, Trauben- und Süßkirsche, Faulbaum, Weißdorn, Rosen, Brombeeren. So feucht, daß Hainbuche und Nieder- und Mittelwald sich dauernd erhält.
6. Buchenhochwald. Geschlossen, Sonne abgesperrt; fast kein Unterholz, meist nur Buchen und Schattenpflanzen. Durch ganz Deutschland, Österreich (Wienerwald) und die Schweiz; rein im Gebirge bis 1000 und 1200 m.
7. Lichte Hain- und Vorholz-Formation. Einzelne zerstreute Bäume mit dichtem oder lichtem Unterholz. Steiles, trockenes, geröllführendes Gelände, Rand großer Waldungen. Birke, Hainbuche, Linde, Feldahorn, knorrige Buchen und Eichen, Kiefer; Weiß- und Schwarzdorn, Hasel, Hartriegel, Spindelbaum, Weiden; Brombeere. Bis hieher als Nadelholz nur die Kiefer.
8. Baltisch-hercynischer Nadel- und Laubwald. Die Fichte tritt bestimmend auf. Unterste Region des mitteleuropäischen Bergwaldes und feuchte Niederungswälder, ohne stagnierende Bodennässe; auch mit Kiefer, Buche, Ahorn, Esche, mit zunehmender Nässe auch Erle. Vom Harz bis zu den Karpathen und im alpinen Gebiete Hauptbestände der unteren Bergregion; wo höhere Luftfeuchtigkeit und Moosschicht gegen das Vertrocknen schützt. In Mittel- und Süddeutschland, wo *Sambucus racemosa* auftritt.
9. Tannenwald- (und Tannenmengwald-) Formation der Bergregion. Tanne allein oder mit Buche und Fichte. Untere Hänge der Berge von den Alpen bis zur Lausitz, Vogesen, Schwarzwald, Jura, Alpen, Bayerisch-böhmischer Wald, Fichtelgebirge, weniger Thüringer Wald und Erzgebirge. Feuchter, humoser Lehm.
10. Voralpenwaldformation praealpine Nadel- und Laubwaldformation. Fehlt in den Mittelgebirgen; Fichte, Tanne, auch Lärche; Buche, Ahorn, Vogelbeere, Ulme; reiches Unterholz von Stauden etc.; Schweizer Alpen und Jura, Österreich, Karpathen.
11. Obere hercynische Fichtenwaldformation. Über der Grenze der Buchen- und Tannenwälder eine Zone von Fichten in den Mittelgebirgen und den Alpen.

12. Subalpiner Hochgebirgswald, Lärchen und Zirbelkieferformation. Lärche und Zirbelkiefer mit Fichte, von Laubbäumen nur Vogelbeerbaum. Bestände licht; in Lücken Legföhren und Grünerlen, die weiter oben herrschend werden; Birke fehlt. Alpen und Karpathen; im Mittelgebirge entspricht der oberste Fichtenwald dieser Formation.

13. Montane Waldbach- und Quellflurformation.

14. Subalpine Waldbach- und Quellflurformation. Von etwa 800 m ab Equisetum etc., an den Bächen hin und auf moosigquelligen Lichtungen im Walde.

Drude führt neben den Waldformationen und getrennt von diesen die alpinen Gebüsch- und Gesträuchformationen[1]), sowie die Moorformationen[2]) auf. Es empfiehlt sich vom forstlichen Standpunkt aus, diese den Waldformationen zuzuzählen, so erhalten wir

15. die alpine Legföhren- (*Pinus montana*, *pumilio*) und Grünerlen-Formation und

16. die Formation der Sumpfkiefer *Pinus uncinata*, teilweise mit Birke.

Die von Drude vorgenommene Ausscheidung von Waldformationen muß als zutreffend und sachgemäß bezeichnet werden. Durch die künstliche Waldbegründung sind freilich die Grenzen vielfach unsicher geworden. Drudes Formationen lassen erkennen, wie weit der Wald von seiner natürlichen Zusammensetzung infolge der Kultur absteht, wie weit einzelne Holzarten ihr natürliches Gebiet überschritten haben.

Die lichte Hain- und Vorholzformation ist vielfach durch den intensiveren Betrieb verschwunden. Auf Ödungen oder im gering gepflegten Privatwalde ist er da und dort noch zu finden.

Den richtig ausgeprägten Heidewald der 1. Formation kennzeichnet nach Drude der Mangel an reicherem Unterholz von Laubbüschen[3]). Diese Art von Kiefernwald — nur Nadeldecke auf dem Boden — tritt erst in der Gegend von Darmstadt auf. Im Süden fehlt das Laubholzgebüsch fast nie; der süddeutsche Kiefernwald ist auch auf trockener Lage verschieden vom norddeutschen Kiefernheidewald. Durch Unterbau sucht man neuerdings den letzteren zu verbessern.

6. Kerner hat in seinem „Pflanzenleben", insbesondere aber in dem Werke „Das Pflanzenleben der Donauländer", sodann in dem großen Werke „Die österreichisch-ungarische Monarchie in Wort und Bild" die Florengebiete ausführlich behandelt. Eine übersichtliche Zusammenfassung und kartographische Darstellung ist enthalten in

[1]) a. a. O., 331.
[2]) 355.
[3]) a. a. O., 307.

der Florenkarte des Physik.-statist. Handatlasses von Österreich-Ungarn. Die Unterschiede des ungarischen und norddeutschen Sandbodens treten durch Kerners Schilderung scharf hervor. Kerner unterscheidet das mediterrane, pontische, baltische und alpine Florengebiet, von denen für Mitteleuropa nur die drei letzteren in Betracht kommen.

Das pontische Gebiet umfaßt die ungarische Tiefebene und die angrenzenden Höhenzüge. Der Boden besteht fast nur aus Sand und Schotter. Die Jahrestemperatur erreicht 11—12° C; die Niederschläge betragen 5—600 mm. Aber den Boden bedeckt nicht, wie in Norddeutschland der Föhrenwald und die Heide, sondern der pontische Laubwald mit Eichen, Linden, Ahorn, Kastanien, Nußbäumen, Ulmen und Unterholz von Hasel, Liguster, Holunder, Spindelbaum, Weißdorn; wo der Boden feuchter ist, treten Schwarzpappeln, Eschen, Erlen, Weiden auf. Zwischen den Eichenwäldern und dem waldlosen Steppengebiet zieht sich ein Band von Pappeln hin, welche weiter als die Eiche in die Steppe vordringen.

An den Ufern der Flüsse finden sich dieselben Holzarten wieder. Es fehlen Fichte und Föhre, nur die Schwarzföhre dringt von Osten her ins Land ein.

Die baltische Flora dehnt sich im Norden und Westen von Ungarn bis in die Alpen und Karpathen aus. Ihr sind eigentümlich die Fichten-, Weißföhren-, Zirben-, Lärchen-, Birkenwälder, das Grünerlengebüsch, das Heidegestrüpp und die Hochmoore, die Buchenbestände und die gemischten Laub- und Nadelholzbestände. In den Alpen und Karpathen reiht sich an die Eichengürtel am Fuß der Berge der Buchen- und über ihm der Nadelholzgürtel von Fichte, Lärche und Zirbe an.

Der alpinen Flora gehören die obersten Gürtel von Legföhren und Grünerlen an.

7. Die schweizerische Pflanzenwelt hat durch zwei Autoren[1]) eingehende Bearbeitung gefunden. Die Einteilung ist bei beiden Autoren einfach und übersichtlich.

Sie unterscheiden:

1. die Kulturregion, Hügelregion, untere Region, bis zur oberen Grenze des Weinstocks; bis 550 und 800 m ü. M.;

2. die Region des Laubwaldes, Bergregion, montane Region; von der Grenze des Weinstocks bis zur Buchengrenze; bis 1300 und 1500 m;

3. die Region des Nadelwaldes, Koniferenregion, subalpine Region; von der oberen Grenze der Buche bis zur Baumgrenze; bis 1650 und 2050 m;

---

[1]) Christ, Das Pflanzenleben der Schweiz, 1879. Schröter, Das Pflanzenleben der Alpen, 1908.

4. die alpine Region bis zur oberen Grenze des Krummholzes und der Alpenerle.

An manchen Berggipfeln und Berghalden lassen sich diese Regionen leicht von unten bis oben verfolgen. Die Abgrenzung wiederholt sich fast gleichmäßig durch alle Gebiete durch; was sich ändert, sind die Holzarten.

Unter der Alpenerle und der Legföhre findet sich vielfach der Fichtengürtel (so meist vom Säntis bis zum Pilatus); wo dagegen Lärche und Arve von Natur aus vorkommen, ist oben ein Gürtel aus Lärchen, Arven und Fichten eingeschoben. Wo die Weißtanne auftritt, ist sie der oberen Buchen- und unteren Fichtenregion eingemischt [1]). Manchmal dringt die Lärche bis ins Tal herab (so bei Martigny bis 423 m, bei Sargans 486 m) und mischt sich der Buche bei. Im Bergell und Tessin findet man vielfach Lärche und Kastanie gemischt.

In der Laubwaldregion finden sich alle Laubholzarten. In der Kulturregion endlich sind die meist kleinen Wälder sowohl aus Nadelholz, als Laubholz, überwiegend aus Mischungen von beiden zusammen gesetzt.

8. Mayr unterscheidet Vegetationszonen auf Grund der Temperatur, Feuchtigkeit und Regenmenge und reiht die Holzarten in diese ein.

A. Tropische Waldzone, das Palmetum; in Europa nicht vertreten.

B. Subtropische Waldzone der immergrünen Eichen und Lorbeerbäume, das Lauretum. Südküste und insulare Westküste von Mitteleuropa.

C. a) Gemäßigt warme Zone des winterkahlen Laubwalds, wärmere Hälfte, das Castanetum. Italien, Griechenland, Südfrankreich, Spanien, Portugal, Südtirol; Südengland, Südirland, Nordwestfrankreich.

C. b) Gemäßigt warme Zone des winterkahlen Laubwalds, kühlere Hälfte, das Fagetum. Höhere Lagen des südlichen Europa. Mittleres Europa südlich bis 900 m, nördlich bis 600 m. Im nördlichen Europa die südlichsten Gebiete von Schottland, Dänemark, Schweden, Kurland, Livland, Esthland.

D. Gemäßigt kühle Region der Fichten, Tannen und Lärchen, das Picetum oder das Abietum oder das Laricetum.

Südliches Europa von über 1300—2300 m; mittleres Europa über 900—2100 m im Süden, 600—1000 m im Norden; nördliches Europa über 500 m.

E. Kühle Region der Krummhölzer und Halbbäume, Waldgrenzen, das Alpinetum, das Polaretum. Südliches Europa:

---

[1]) Im südlichen badischen Schwarzwald folgen sich die Regionen in anderer Weise: an die Eiche reiht sich zunächst die Tanne, dann erst die Buche und über dieser die Fichte. (Die Forstverwaltung Badens, 1857, S. 29.)

[2]) Waldbau 61.

der Apennin bei 2500, Balkan 2000; mittleres Europa 2000 m; nördliches über 600 m.

Die Zonen Mayrs stimmen mit den Höhenzonen für die Schweiz, wie sie Christ und Schröter aufstellen, ziemlich überein. In der Einteilung in horizontale Zonen berührt er sich mit Drudes Unterscheidungen.

9. Der Wert der pflanzengeographischen Forschung besteht in der Feststellung der natürlichen Verbreitungsgebiete und der Erforschung der Lebensbedingungen unserer Waldbäume. Die Grenzen werden nicht durch Linien, sondern durch mehr oder weniger breite Gürtel gebildet, in welchen die Regionen in einander übergehen, die Holzarten des oberen Gürtels tiefer herab-, oder diejenigen des unteren Gürtels höher hinaufsteigen. (Sehr deutlich zu sehen am Rigi). Die Abgrenzung der über einander liegenden Regionen im Gebirge ist leichter festzustellen, als der neben einander liegenden Zonen des Hügellandes und der Ebene.

Die Armut an Holzarten im Norden Deutschlands gegenüber dem deutschen Süden, den österreichischen und schweizerischen Wäldern läßt sich durch wenige Striche zeigen.

Im Norden vielfach die Föhre als einziges Nadelholz; gegen den Bodensee hin finden sich neben der Föhre die Fichte, Tanne und Lärche, Arve und Bergföhre. Im Norden fehlt bald die Buche, bald Ahorn oder Eiche, Esche oder Ulme; im Süden finden sich fast alle Laubhölzer bald rein, bald in bunter Mischung.

Die Pflanzengeographen suchen diese Unterschiede auf die natürlichen Ursachen zurückzuführen. Aber selbst Drude, der auf diesem Gebiete seit Jahrzehnten tätige Forscher, bemerkt einmal[1]), daß sehr schwierig im einzelnen zu sagen sei, warum innerhalb des Verbreitungsgebietes einer Baumart sich kleine Waldzonen unabhängig von der Höhe bilden, da das Klima in Verbindung mit dem Substrat oft durch sehr kleine, schwer zu entziffernde Ursachen wirke.

Diese Waldzonen wiederholen sich im Walde im kleinen unzählige Male, ohne daß es gelingt, die Verschiedenheit des Standorts immer bestimmt nachzuweisen.

In dem Abschnitte vom Standort werden die von den Pflanzengeographen angegebenen Ursachen der Verbreitung und des Vorkommens einer Holzart und die forstlichen Gesichtspunkte vereinigt zur Sprache kommen.

II. Abschnitt. **Der Standort.**

§ 26.

Allgemeines.

1. Die Stelle, auf der eine Pflanze erwächst, ist im topographischen Sinne ihr Standort. Im pflanzenphysiologischen und forstlichen Sinne

[1]) Deutschl. Pfl.-G., 324.

versteht man unter Standort das Zusammenwirken aller Faktoren des Wachstums an einer bestimmten Stelle.

In diesem Sinne sind die Ausdrücke des gewöhnlichen Sprachgebrauchs zu verstehen, wenn von günstigem oder ungünstigem, passendem oder unpassendem, geeignetem oder ungeeignetem, gutem oder schlechtem Standort die Rede ist. Der Standort „sagt einer Holzart zu"; diese oder jene Holzart „macht große oder geringe Ansprüche an den Standort" sind weitere allgemeine Bezeichnungen, die den Einfluß des Standorts auf das Wachstum einer Holzart charakterisieren sollen.

2. Hiebei sind die einzelnen Faktoren des Standorts bald mehr, bald weniger scharf auseinandergehalten.

Diese Standortsfaktoren sind

A. das Klima,
B. die Lage,
C. der Boden.

3. Eine zusammenfassende Standortslehre, die dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechen würde, kann unsere Literatur noch nicht aufweisen. Zwar erschien 1895 die „Forstliche Bodenkunde und Standortslehre" von Ramann. In den späteren Auflagen dieses Werkes wird aber nur die Bodenkunde abgehandelt. In der „Forstlichen Standortslehre" von Helbig[1]) ist vorherrschend ebenfalls die Bodenkunde berücksichtigt.

Das beste Werk, die Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre in ihrer Anwendung auf die Forstwissenschaft von Grebe[2]), ist in den naturwissenschaftlichen Teilen veraltet. In forstlicher Hinsicht enthält es eine Fülle von Beobachtungen und Bemerkungen, die heute noch mit großem Nutzen sich verwerten lassen. Ähnliches gilt von Heyers Forstlicher Bodenkunde und Klimatologie, 1856.

In der 10. Auflage des „Lehrbuchs für Förster" von Hartig sind im I. Bande der „Luft-, Boden- und Pflanzenkunde" von Theodor Hartig 470 Seiten gewidmet, von denen 300 auf die Pflanzenkunde entfallen.

In den Werken über Waldbau ist das ganze Gebiet auf wenigen Seiten nur ganz im allgemeinen besprochen.

Diese allgemeinen Sätze sind aber weder für die Wissenschaft noch für die Praxis ausreichend. Gerade die praktische Tätigkeit stellt zahlreiche und schwierige Probleme auf diesem Gebiete, die nur bei gründlichem Wissen und vertieftem Studium sich lösen lassen.

Überhaupt wird der Standortslehre viel zu wenig Wert beigelegt. Man begnügt sich vielfach mit einer kurzen Beschreibung, ohne auf die Wirkung der einzelnen Faktoren genauer einzugehen.

---

[1]) Im Handbuch der Forstwiss. [3]I, 176—298. Vgl. insbesondere Pflanze und Standort, 263—298.

[2]) 1852, [4]1886.

Die Tätigkeit im praktischen Dienste, noch mehr aber die Aufgabe des Lehrers in einem so vielgestaltigen Lande wie die Schweiz haben mich veranlaßt, in dieses ganze Gebiet durch Studium und Forschung tiefer einzudringen. Unter sehr verschiedenen natürlichen Verhältnissen drängt sich die Überzeugung ganz von selbst auf, daß der wirtschaftliche, wie der praktische Waldbau auf den Sätzen der Naturwissenschaft aufgebaut werden muß. Die Ungewißheit in vielen forstlichen Fragen ist nicht auf forstlichem, sondern auf naturwissenschaftlichem Gebiete gelegen.

Was auf den folgenden Seiten geboten wird, ist vorherrschend eine Anwendung naturwissenschaftlicher Forschungsergebnisse auf die Probleme des Waldbaus.

Eine eingehende Behandlung der Standortslehre ist eines der dringendsten Bedürfnisse unserer Wissenschaft. Sie ist aber weder von einem Forstmanne, noch einem Naturforscher allein zu erhoffen. Nur durch das Zusammenwirken von beiden wird ein für Wissenschaft und Praxis brauchbares Werk entstehen.

A. Das Klima.

§ 27. **Allgemeines.**

1. Die Bedeutung des Klimas für den wissenschaftlichen und praktischen Waldbau wird gewöhnlich unterschätzt. Vielfach begnügt man sich mit allgemeinen Beschreibungen (rauhes, gemäßigtes, mildes Klima), ohne daß die einzelnen klimatischen Elemente auseinandergehalten und bestimmte, auf Beobachtungen beruhende Werte angegeben werden. Oder man geht von der Annahme aus, daß die klimatischen Verhältnisse über weite Gebiete sich gleich bleiben, während zumal im Hügellande und im Gebirge ein reicher Wechsel in den klimatischen Zuständen vorhanden ist. So kommt es, daß manche Erscheinungen im Walde nicht auf den Wechsel des Klimas, sondern auf den Boden zurückgeführt werden.

2. Die Einwirkungen des Klimas und seiner jährlichen Schwankungen können nur bei gleichbleibenden Bodenverhältnissen sich deutlich in der Vegetation ausprägen. Zur Beobachtung eignen sich daher vorzugsweise ältere Bestände. Die Blatt- und Nadelmenge, das Höhen- und Stärkewachstum ist bei gleichbleibendem Bodenzustande von Jahr zu Jahr bedeutenden Schwankungen unterworfen. Die Trockenheit des Frühjahrs 1893 ist überall, wo sie herrschte, an einem schmalen Jahrring zu erkennen. Ständige Pflanzgärten bieten ebenfalls Gelegenheit, den Einfluß der wechselnden Jahreswitterung durch vergleichende Höhenmessungen etc. festzustellen.

3. Die waldbauliche Tätigkeit ist sowohl im großen, als im kleinen von den klimatischen Faktoren beeinflußt.

a) Die Holzartenverbreitung ist nach horizontalen Zonen und vertikalen Regionen vom Klima abhängig. Die geringe Zahl der Holzarten im Norden oder an der oberen Baumgrenze geben den Beständen einen gleichförmigen Charakter. Die südlichen und tiefer gelegenen Wälder zeichnen sich durch Mannigfaltigkeit der Bestandesbilder aus; gemischte Bestände braucht der Wirtschafter hier nicht erst zu begründen, sondern nur zu erhalten.

b) Die Dauer der Vegetation und die Menge der jährlich produzierten organischen Substanz ist vom Lichte und von einer bestimmten Temperatur abhängig.

c) Das Wachstum und Gedeihen einer Holzart, insbesondere auch die Blütenbildung und Fruchtreife ist von klimatischen Faktoren beeinflußt, die für die einzelnen Holzarten noch nicht einmal genügend bekannt sind.

d) Der Standort wird in seiner Wirkung auf das Wachstum der Holzarten vom Klima in hervorragender Weise modifiziert. Der durchlassende Boden wird durch häufige und reichliche Niederschläge genügende Feuchtigkeit erhalten. Luv- und Leeseiten der Gebirgs- und Höhenzüge sind dem Wind und Regenfall in verschiedenem Grade ausgesetzt. Auswaschung und Abschwemmen des Bodens, Verwesung von Laub und Nadeln, das Wuchern von Gras, Unkraut und Gestrüpp, das Wachstum der verschiedenen Moosarten ändern sich mit Zahl und Stärke der Niederschläge, mit der Feuchtigkeit und Wärme. Nasse Stellen, Wassertümpel, Bäche, Weiher und Seen, Torfgründe, die im Walde sich finden, sind vorherrschend eine Wirkung der Niederschlagsverhältnisse.

e) Die Arbeiten im Walde müssen in vielen Gegenden dem Klima entsprechend verteilt werden. Die Schneedecke erleichtert die Abfuhr des Holzes, schützt die jungen Pflanzen gegen Beschädigung durch Fällungen, sie kann aber andererseits Durchforstungs- und Verjüngungshiebe erschweren, den Schaden durch Wild vermehren. Der Beginn der Frühjahrsarbeiten kann durch späte Erwärmung des Bodens verzögert werden; Herbstpflanzungen können nötig werden. Schneebruchgefahr kann die Wahl unter den Holzarten einengen und die Durchforstungsart bestimmen.

f) Extreme der Temperatur, Frost und Hitze, anhaltende oder heftige Winde schließen gewisse Holzarten vom Anbau aus, können sogar die Existenz des Waldes bedrohen.

g) Das Auftreten schädlicher Insekten, das Wuchern von Pilzen, die Gefahr des Waldbrandes stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit den klimatischen Zuständen einzelner Jahre, insbesondere von Trockenheit oder Feuchtigkeit.

h) Der Bedarf an Feuerungsholz steigt und fällt mit der Temperatur des Winters, der Bedarf an bestimmten Nutzhölzern mit dem Ausfall der Ernte, dem Ertrag des Weinbaus, Hopfenbaus. Das Klima beeinflußt in hohem Grade Nachfrage, Absatz und Preise des Holzes, des Waldgrases, der Waldstreu.

i) Selbst die Verteilung von Wald und Feld ist vom Klima bedingt. Wo Weinbau möglich ist, wird der Wald von den Hängen verdrängt; wo reichlicher Niederschlag den Graswuchs begünstigt, muß er der Weide weichen.

k) Endlich wäre noch der modifizierenden Wirkung des Waldes auf einzelne klimatische Vorgänge zu gedenken, wie der Abschwächung der Winde, der Verzögerung des Schneeschmelzens, der Verlangsamung des Wasserabflusses, der Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit, der Beschattung des anstoßenden Acker- und Wiesenlandes. Diese Einwirkungen sind je nach den allgemeinen klimatischen Zuständen verschieden zu beurteilen.

4. Für den Waldbau kommen nicht nur die klimatischen Durchschnittswerte in Betracht. Die Schwankungen nach oben und unten, also die extremen Werte spielen eine nicht minder bedeutende Rolle. Die trockenen Jahre 1865, 1893 und 1911, Winter mit sehr niedrigen, lang andauernden Kältegraden, wie 1870/71, 1879/80 haben Tausende von Pflanzen vernichtet. Für den Anbau bestimmter Holzarten sind die möglichen extremen Werte zu berücksichtigen.

5. Es ist nicht zu vergessen, daß die allgemeinen meteorologischen Stationen fast ausschließlich in Dörfern und Städten errichtet werden müssen, die in der Regel eine klimatisch bevorzugte Lage haben. Die klimatischen Daten können deshalb nicht ohne weiteres auf die Waldverhältnisse angewendet werden, da der Wald durch die Lage am Hange, Einwirkung des Windes etc. unter anderen meteorologischen Bedingungen steht, als die Ansiedlungen in seiner Umgebung. Für eine ganze Reihe von Fragen sind jedoch die allgemeinen meteorologischen Daten vollständig ausreichend. Für besondere Zwecke müssen sie durch weitere Beobachtungen ergänzt werden (Frostschaden, Schneeschaden, Dürre etc).

6. Nicht alle Vorgänge in der Atmosphäre lassen sich mit unseren Instrumenten erfassen. Dazu kommt, daß es klimatische Inseln mit eigentümlichen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen gibt, die sich meist durch die Bodenflora kenntlich machen. Der aufmerksame Wirtschafter wird die Gelegenheit benützen, diese besonders hervortretenden Lokalitäten kennen zu lernen. Die Bildung früher Nebel im Herbste, das frühe Erscheinen des Laubes, der frühere oder spätere Laubfall, die Kronenbildung der dem Winde ausgesetzten Bäume, das Auftreten von Flechten an den Bäumen sind solche kleine Hilfsmittel, welche die meteorologischen Instrumente ergänzen oder teilweise er-

setzen. Gründliches wissenschaftliches Studium der Meteorologie und Klimatologie schützen vor oberflächlichen Beobachtungen und unrichtigen Schlußfolgerungen.

Der Wald läßt leicht erkennen, ob sein Bewirtschafter die meteorologischen Verhältnisse kennt und zu verwerten weiß. Manches Frostloch, manche Schneebruchlücke, manche Sturmgasse verrät, daß bei genügender Kenntnis und hinreichender Sorgfalt im kleinen der Schaden hätte vermieden werden können. Verwilderter Boden, Graswuchs, Heide und Heidelbeere sind mancherorts durch die Einwirkung von Licht, Regen und Wind, sowie ungeeigneter Holzarten und in geringerem Grade durch diejenige des Bodens selbst hervorgerufen worden. Die Graswüchsigkeit des Bodens ist allerdings durch seine chemische Zusammensetzung bedingt, aber Licht und Regen sind es, die den Graswuchs hervorrufen und begünstigen.

7. Die einzelnen klimatischen Faktoren haben verschiedene Bedeutung für das Pflanzenleben. Für die wissenschaftliche Untersuchung und die praktische Wirtschaft ist die Trennung der klimatischen Elemente notwendig, um die Wirkung jedes einzelnen Elements beurteilen zu können.

Diese einzelnen Elemente sind, wenn wir von der Luftelektrizität absehen:

I. Insolation und Bewölkung,
II. Lufttemperatur,
III. Luftfeuchtigkeit,
IV. Niederschläge,
V. Verdunstung,
VI. Winde.

Diese Faktoren wirken in den verschiedensten Kombinationen zusammen, so daß der einzelne Faktor in seiner Wirkung bald abgeschwächt, bald verstärkt wird. Nur ein weit ausgedehntes Beobachtungsnetz wird über die Gesamtwirkung im großen, wie für kleine Gebiete Aufschluß gewähren.

§ 28. Die meteorologischen und klimatologischen Quellenwerke und die klimatologische Literatur.

1. Meteorologische Beobachtungen werden in allen Ländern der Erde angestellt; die Zahl der Stationen hat sich in neuerer Zeit sehr erheblich vermehrt. Vielfach sind 50jährige Beobachtungsreihen vorhanden. Der ganze meteorologische Dienst ist amtlich organisiert; Privatbeobachtungen treten hinter den amtlichen an Ausdehnung zurück. Die Ergebnisse der jährlich angestellten Beobachtungen werden in den meteorologischen Jahrbüchern, Annalen etc. veröffentlicht. Auf Grund dieser Beobachtungen werden einzelne Gebiete besonders bearbeitet und von den meteorologischen Instituten solche Abhandlungen teils den Jahrbüchern beigeschlossen oder auch in eigenen Schriften heraus-

gegeben. Besonders wertvoll sind Arbeiten, in welchen die einzelnen geographischen Provinzen eingehender berücksichtigt sind, wie die „Klimatologie von Österreich", „Das Klima der Schweiz", die Regenkarten der preußischen Provinzen von Hellmann u. s. w.

Das meteorologische Jahrbuch sollte jedem Forstmann für sein bestimmtes Gebiet zur Verfügung stehen. Es ermöglicht ihm nicht nur einen Einblick in die klimatologischen Verhältnisse seines Wirkungskreises und die in Rechnung zu nehmenden Extreme, sondern dient hauptsächlich auch dazu, die empirischen Wahrnehmungen und Beobachtungen zu ergänzen und zu verbessern. Wie wichtig dieser Punkt ist, zeigen die Erörterungen über die Dürre von 1911. Man hört und liest, daß die Pflanzen in gewissen Gegenden der Dürre widerstanden hätten. Ein Blick in die Regenkarte aber zeigt, daß in jenen Gegenden die Regenmenge nicht kleiner war, als in andern Jahren. Ähnlich verhält es sich oft bei Schneeschaden, Frostschaden, Sturmschaden. Mangelhafte meteorologische Orientierung verleitet vielfach zu ganz falschen Schlüssen.

2. Unter den systematischen Werken über Meteorologie und Klimatologie sind vor allem zu nennen diejenigen von Hann, Lehrbuch der Meteorologie. [2]1906. Handbuch der Klimatologie. [3]1908. Eine gedrängte Darstellung geben Trabert: Meteorologie und Klimatologie 1905 und Börnstein, Wetterkunde. [3]1913. Früher erschienen: Grundzüge der Metoerologie von Mohn. [5]1898 und Woeikoff: Die Klimate der Erde. 1887. Vom praktischen Standpunkt aus zu erwähnen ist: Das Wetter. Eine populäre Darstellung der Wetterfolge von Abercromby, übersezt von Pernter 1894. Sehr wertvolle Abhandlungen enthalten die Monatsschriften: Meteorologische Zeitschrift von Hann und Süring; Das Wetter. Auch in den geographischen Zeitschriften sind Abhandlungen meteorologischen Inhalts zu finden, insbesondere in Petermanns geographischen Mitteilungen, in der Geographischen Zeitschrift pp. Zahlreiche klimatographische Darstellungen für kleine Gebiete, Städte, Bade- und Kurorte sind einzeln erschienen oder in verschiedenen Zeitschriften zerstreut.

Kartographische Darstellungen der Klimaverhältnisse enthalten: Atlas der Meteorologie in Berghaus Physikalischem Atlas, Abteilung III. 1887. Physikalisch-statistischer Atlas des Deutschen Reichs von Andree und Peschel. 1878. Desgl. für Österreich-Ungarn von Chavanne. 1887. Sommer, Die wirkliche Temperaturverteilung in Mitteleuropa in Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde 16. Band. Hellmann, Regenkarte von Deutschland.

Eine Darstellung der Klimaverhältnisse vom medizinischen Standpunkt aus ist enthalten im Deutschen Bäderbuch 1907, sowie in der Deutschen Klimatik von Dove und Frankenhäuser 1910. Diese Werke enthalten zahlreiche Hinweise auf die Vegetationsverhältnisse und manche praktisch wertvolle Winke.

Sehr verdienstlich wäre die Verarbeitung der meteorologischen und klimatologischen Beobachtungen vom Standpunkte der Bodenkultur aus, da Thiele bei Ausarbeitung seines Werkes „Deutschlands Landwirtschaftliche Klimatographie" 1895 noch nicht so zahlreiche Beobachtungen zu Gebot standen, wie es heute der Fall ist. Gelegentlich der Versammlungen der land- und forstwirtschaftlichen Vereine könnten wertvolle Bausteine aus allen Gegenden zu dem großen Werke geliefert werden, das von Meteorologen, Land- und Forstwirten gemeinsam abgefaßt werden müßte.

3. Die meteorologischen Karten sind auf der Voraussetzung aufgebaut, daß die an einer bestimmten Station beobachteten Werte für eine weitere Umgebung Giltigkeit haben. Dies ist bis zu einem gewissen Grade der Fall, namentlich was Sonnenschein, Bewölkung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Winde

betrifft. Weniger zutreffend ist es in gewellter und gebirgiger Gegend bei den Niederschlägen. Es gibt zahlreiche Forstbezirke, innerhalb deren 3—5 Regenzonen vorhanden sind. Für den Waldbau kommen aber noch die durch die Bestockung des Bodens selbst hervorgerufenen Verhältnisse in Betracht.

Unter dem Kronendach des geschlossenen Waldbestandes sind sämtliche klimatischen Elemente in ihren Werten verändert. Kleine Lücken oder Blößen innerhalb des Waldes haben andere klimatische Verhältnisse als das Freiland (Acker, Wiese, Weide, Kahlfläche, Ödung). Am Waldrande sind sie verschieden gegenüber dem Waldinnern, ebenso in kleinen Waldkomplexen gegenüber denjenigen in großen Waldgebieten. Der Waldbestand besteht aus wintergrünen und sommergrünen Holzarten und deren Mischungen, aus Bäumen verschiedener Höhe, verschiedener Reisig-, Laub- und Nadelmenge. Für die Vegetationsbedingungen der Pflanzen und für den praktischen Waldbau ergeben sich eine große Anzahl von Kombinationen und lokalen klimatischen Unterschieden, die vielfach bei praktischen Maßnahmen nicht genügend beachtet werden.

4. Die forstlich-meteorologischen Beobachtungen sind ursprünglich zu einem anderen, als waldbaulichen Zwecke eingerichtet worden. Es sollte durch sie der Einfluß des Waldes auf das Klima festgestellt werden. Für waldbauliche Zwecke sind die Ergebnisse selten verwertet worden, obgleich sie für manche ungelöste Frage reiches Material an die Hand geben. Eine weitere Förderung unseres Wissens werden wir allerdings erst von der Anstellung besonderer, für waldbauliche Zwecke bestimmter Beobachtungen zu erwarten haben. Es wird weiter unten öfters Gelegenheit geben, die Ergebnisse der letztgenannten Stationen nutzbar zu machen. Von den Veröffentlichungen der Ergebnisse forstlich-meteorologischer Beobachtungen sind besonders zu nennen:

Ebermayer, Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. 1873. Ebermayer, Die Beschaffenheit der Waldluft. 1885. Beide Schriften sind zumeist auf Untersuchungen begründet, die in Bayern angestellt wurden. Die Jahresberichte über die Beobachtungsergebnisse der in Deutschland errichteten forstlich-meteorologischen Stationen, herausgegeben von Müttrich, 1875—97, enthalten die Daten von 16 Stationen. Eine zusammenfassende Bearbeitung dieses Materials steht noch aus. Zahlreiche Einzelarbeiten von Müttrich und Schubert finden sich in Dankelmanns Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen.

Die Beobachtungen in Österreich sind veröffentlicht in „Mitteilungen aus dem Versuchswesen Österreichs“, Heft 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 20, 21, 22, 30; diejenigen der Schweiz in „Mitteilungen der schweiz. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen“, Band 1—6.

Meteorologische Beobachtungen zu waldbaulichen Zwecken werden seit 1902 im Versuchsgarten bei Tübingen angestellt. Die ersten Ergebnisse sind zusammengestellt in den Mitteilungen der württ. forstlichen Versuchanstalt, Heft 1.

Die Untersuchungen in Schweden hat Hamberg, diejenigen in Frankreich hat Mathieu verarbeitet in Météorologie comparée agricole et forestière. 1878.

Neuere russische Beobachtungen werden vom Kaiserlichen Forstinstitut in St. Petersburg veröffentlicht.

Einzelne Abhandlungen finden sich insbesondere in Wollnys Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik; in der Forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift, herausgegeben von Tubeuf; im Centralblatt für das gesamte Forstwesen, herausgegeben von Friedrich, jetzt von Cieslar und Böhmerle; in der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung.

5. Die Lücken in unserem forstlich-meteorologischen Wissen werden unten wiederholt hervorgehoben werden müssen. Es ist ein dringendes wissenschaft-

liches und praktisches Bedürfnis, daß dieser Mangel beseitigt wird. Bei dem zahlreichen, über alle Gebiete verteilten Forstpersonal ist die sonst schwierige Frage der Wahl der Beobachter leicht zu lösen. Es wäre schon viel erreicht, wenn zunächst nur die wichtigsten Waldgebiete in das Beobachtungsnetz einbezogen würden.

Die Aufgabe der folgenden Abschnitte ist nun, aus den bisherigen allgemeinen und den speziell forstlichen meteorologischen Beobachtungen die für den praktischen Waldbau und die wissenschaftliche Erkenntnis der waldbaulichen Erscheinungen nützlichen Lehren zu ziehen und für das praktische Vorgehen eine sichere wissenschaftliche Grundlage zu schaffen.

I. Das Licht.

§ 29.

Allgemeines.

1. Jeder Gang durch den Wald zeigt den Einfluß des Lichtes auf die Vegetation in auffälliger Weise. Im Dunkel des Bestandes finden sich Pflanzen auf dem Boden, die bei stärkerem Lichteinfall verschwinden (Sauerklee, Waldröschen, Maiglöckchen, verschiedene Moose, selbst einzelne Sträucher). Am Waldrande dagegen überzieht sich der Boden 30—50 m tief in den Bestand hinein mit Gräsern, Stauden, Sträuchern, denen das seitlich zuströmende Licht die Existenz unter dem geschlossenen Kronendache ermöglicht. Auf Lücken im Bestande oder am Bestandesrande stehen dieselben Holzarten in kräftigem Wachstum, die unmittelbar daneben unter dem Kronendach des alten Bestandes nur kümmerlich gedeihen. Bäume, welche unter den Kronen der Nachbarbäume sich befinden, zeigen nur ein geringes Wachstum und werden schließlich dürr. Die Unterschiede im Wachstum, je nach dem größeren oder geringeren Lichtgenuß sind vielfach bedeutender, als der Einfluß, den die Bodenart auf das Wachstum ausübt.

Die Assimilation und Transpiration der Blätter, die Ernährung und das Wachstum der Pflanzen ist in erster Linie von ihrem Lichtgenuß abhängig.

Unter den klimatischen Faktoren des Pflanzenwachstums muß das Licht als der wichtigste und einflußreichste vorangestellt werden.

Dazu kommt für den praktischen Waldbau ein weiterer Umstand. Die Regulierung des Lichtgenusses der Waldbäume ist bis zu einem gewissen Grade in die Hand des Wirtschafters gelegt. Durch Reinigungen, Durchforstungen, Lichtungs- und Abtriebsschläge, durch dichtere oder lichtere Saaten, engeren oder weiteren Stand bei Pflanzungen, durch Erziehung von Schutzholz kann der Lichtgenuß der Pflanzen erhöht oder erniedrigt, also die Wirkung des mächtigsten Faktors des Wachstums beeinflußt werden.

2. Auf die Bedeutung des Lichtes ist von Pflanzenphysiologen und Pflanzengeographen (Kraus, Stahl, Sachs, Pfeffer, Vöch-

ting, Schimper u. a.[1]) seit langer Zeit hingewiesen worden. Die Wirkungen des Lichtes auf die Pflanzen im einzelnen genauer untersucht und die Modifikationen der Beleuchtung ziffermäßig festgestellt zu haben, ist ein besonderes Verdienst von Wiesner in Wien. Ihm sind weitere Forscher auf diesem Gebiete nachgefolgt (Cieslar, Schwab, Linsbauer, Weinzierl, Stebler, Schröter, Rübel u. a.).

3. Die Menge des den Pflanzen zuströmenden Lichtes ist, wie die tägliche Erfahrung zeigt, ganz verschieden an heiteren und trüben Tagen. Das direkte Sonnenlicht und das diffuse Tageslicht sind daher zunächst einer Besprechung zu unterziehen.

Da die Lichtverhältnisse im Walde andere sind als im Freiland, so wird die Lichtintensität im Walde besonders dargelegt werden.

Für waldbauliche Zwecke ist neben der allgemeinen oder theoretischen Auseinandersetzung eine genauere Präzisierung des Einflusses des Lichtes auf das Wachstum der Waldbäume erwünscht. Unterschiede des Lichtes, die sich nicht im Wachstum ausprägen, sind praktisch ohne Bedeutung. Auf Grund von Versuchen soll dieser Einfluß ziffermäßig festgestellt werden.

Aus den Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung sollen sodann die wichtigsten Schlußfolgerungen für den praktischen Waldbau gezogen werden.

§ 30. Direktes Sonnenlicht und diffuses Tageslicht.

1. Das Gesamtlicht, das einer Pflanze zuströmt, ist teils direktes Sonnenlicht, teils diffuses Tageslicht.

Das Maß des zuströmenden Sonnenlichts ist abhängig:

a) von der Dauer des täglichen und jährlichen Sonnenscheins. Die Einwirkung auf das Wachstum der Pflanzen ist ferner bedingt

b) durch die Intensität des Lichts, des Sonnenlichts, wie des diffusen Tageslichtes.

2. Der Anteil des direkten Sonnenlichtes am Gesamtlicht ist in hohen Lagen größer, als in der Niederung. Rübel[2]) gibt an, daß im ganzen Jahr das diffuse zum direkten Sonnenlicht auf dem Berninahospiz sich verhalte wie 100 : 74, und daß während der Vegetationszeit das direkte gleich dem diffusen Licht sei. Im Juli und August steigt mittags die Kurve des direkten Sonnenlichtes sogar über die des diffusen, „was in der Ebene jedenfalls nie vorkäme".

Nach Dorno[3]) entfallen in Davos bei blauem Himmel vom Gesamtlicht 9 Teile auf Sonnen-, 1 Teil auf diffuses Licht.

[1]) Vgl. Max Wagner, Pflanzenphysiol. Studien im Walde. 1907. S. 14—83.

[2]) Vierteljahrshefte der naturf. Ges. in Zürich, 53, 237.

[3]) Studie über Licht und Luft des Hochgebirgs. 1911. Seite 50.

3. Das diffuse Licht strömt der Pflanze von allen Seiten, das direkte Sonnenlicht nur von einer Seite zu. Eine Pflanze erhält niemals nur direktes Licht allein, sondern stets auch diffuses Licht. Das diffuse Licht ist in Kremsmünster (384 m) und Berninahospiz (2309 m) gleich stark, unten eher etwas stärker. Die Zunahme des Lichtes im alpinen Gebiete fällt auf direktes Sonnenlicht, das diffuse bleibt gleich[1]).

In der Ebene spielt das diffuse, in der Höhe das direkte Licht die Hauptrolle.

Nach Dorno[2]) hat Davos mittags im tiefen Winter die sechsfache, im höchsten Sommer die 1,8 fache, im Jahresmittel die 2,5 fache Helligkeit von Kiel.

1. **Die Dauer des Sonnenscheins.**

1. Mit dem Heliographen von Campbell-Stokes wird seit 1857 die Dauer des täglichen Sonnenscheins gemessen. Sie wird mit diesem Instrument etwas zu niedrig (bis 1 Stunde pro Tag) gefunden; die kleinen Fehler können für waldbauliche Zwecke jedoch vernachlässigt werden.

Die Resultate der Beobachtungen werden in den jährlichen meteorologischen Publikationen mitgeteilt; sie sind bereits näher bearbeitet von Kremser[3]), König[4]), Eichhorn[5]); besondere Untersuchungen haben Schwab[6]) und Rübel[7]) angestellt. In den allgemeinen klimatologischen Werken von Hann sind die Ergebnisse kurz zusammengefaßt.

Eichhorn führt die Beobachtungen von 72 Stationen an, von denen die meisten in Deutschland und der Schweiz liegen. Ihre Zahl wird seit 1903 etwas gestiegen sein.

2. Im Norden von England scheint die Sonne während des Jahres 1200 Stunden, im Süden von England schon 1600; im mittleren Deutschland bis 1700, in Österreich über 1800, in der Schweiz 1800—2200; im südlichen Frankreich und in Italien 2000—2500; in Madrid 2900 Stunden[8]).

Der Sonnenschein nimmt im allgemeinen gegen Osten und Süden zu. Die Küstengegend empfängt mehr Sonnenschein als das anstoßende

---

[1]) Rübel, a. a. O. 235.

[2]) A. a. O. Seite 52.

[3]) Die Dauer des Sonnenscheins in Europa. In der Zeitschrift Das Wetter. 1895. 12, 241.

[4]) Dauer des Sonnenscheins in Europa. 1896.

[5]) Entwurf einer Sonnenscheindauer-Karte von Deutschland. 1903.

[6]) Das photochemische Klima von Kremsmünster. 1904.

[7]) Untersuchungen über das photochemische Klima des Berninahospizes. Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. in Zürich. 1908. 53, 204.

[8]) König, a. a. O. 323 ff. Die Sonne steht 4000—4400 Stunden über dem Horizont; die wirkliche Dauer des Sonnenscheins erreicht von der möglichen etwa 40—50 %.

Binnenland. Mit steigender Erhebung über den Meeresspiegel nimmt infolge der Wolkenbildung der Sonnenschein im Jahresdurchschnitt ab; im Winter dagegen haben die Höhenstationen mehr Sonnenschein als das Tiefland.

3. In der Karte, welche Eichhorn seiner Schrift über die Dauer des Sonnenscheins in Deutschland beigegeben hat, treten die Gebiete mit zahlreichem (1800 St.) und spärlichem (1500 St.) Sonnenschein deutlich hervor.

Zu den Zonen reichen Sonnenscheins (1770—1697 Stunden während des ganzen Jahres) gehören in Deutschland a) Ost- und Westpreußen, Posen, die östlichen Teile von Pommern und der größte Teil von Schlesien; b) die Gegend zwischen Hannover, Bremen, Hamburg; c) ein schmaler Streifen von Halle über Jena nach Koburg; d) das Rheintal von Offenburg bis Mainz-Geisenheim, die Gegend von Wiesbaden.

Mittlere Dauer (1697—1588 St.) haben a) das östliche Sachsen, Brandenburg, Mecklenburg, das südliche Holstein; b) das nördliche Braunschweig, Westfalen, das Rheintal von Wesel bis Coblenz und von Offenburg bis Basel, Hessen, Elsaß, Württemberg.

Geringe Dauer (1588—1478 St.) herrscht a) in einem schmalen Bande von Nürnberg über Hof, Plauen, Chemnitz bis Dresden, sodann b) an der deutschen Westgrenze von Metz bis Krefeld und c) in einem zusammenhängenden Gebiet, das durch eine Linie von Heilbronn nach Erfurt, Nordhausen und von da gegen Münster, Siegen und Fulda begrenzt wird.

Die Lage in einem engen Tale vermindert den Sonnenschein; Wildbad hat 1300, dagegen Stuttgart, Hohenheim, Biberach 1500 Stunden und darüber.

4. Österreich: Wien 1843, Kremsmünster 1814, Krakau 1797, Klagenfurt 1830, Gries bei Bozen 2062, Sonnblick 1542, Obir 1708, Triest 2250 (nach Hann).

Schweiz: Zürich[1]) 1693, Bern 1783, Lausanne 1887, Basel 1681, Hallau bei Schaffhausen 1665, Lugano 2248, Davos 1789, Säntis 1754 St. Maximum: Lugano 2426 Lausanne 2208, Zürich 2034; Minimum: Lugano 2104, Lausanne 1691, Zürich 1415.

London[2]) 1030 (Hamburg 1240), Aas in Norwegen[3]) 1700, Frankreich 1800—2200. Madrid 2930, Padua 2024, Rom 2394, Palermo 2288.

---

[1]) Klima der Schweiz I, 91.
[2]) Hann, Klimatol. [3]142, 238.
[3]) Zentralbl. f. Agrikulturchemie 27, 637.

5. Das **Maximum des Sonnenscheins** tritt in Mitteleuropa[1]) von 12 — 1 Uhr ein; geringe Abweichungen können unbeachtet bleiben.

Solange die Sonne tief steht, ist die Besonnung geringer, was in niederen Lagen für Ost- und Westhänge von Bedeutung ist. Berggipfel erhalten vormittags die meiste Beleuchtung, weil sie nachmittags vielfach bewölkt sind.

Die jährlichen und stündlichen Werte sind Schwankungen unterworfen. In verschiedenen Jahren beträgt der Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Dauer bis zu 400 Stunden und darüber.

6. Die **Bewölkung**, von der die Dauer des Sonnenscheins unmittelbar abhängt, ist nach Gegenden sehr verschieden. In Skandinavien und Norddeutschland erreicht die Himmelsbedeckung im Jahresdurchschnitt vielfach 70 %, in Mittel- und Süddeutschland, der Nordschweiz, im mittleren Frankreich, im größten Teil von Österreich 60, an einzelnen Orten 50—60 %, in Oberitalien und im mittleren Wallis 50 %.

7. An den meteorologischen Stationen werden die **heiteren und trüben Tage** gezählt. Diese Zahlen geben ebenfalls einen Anhalt für die Beurteilung der Besonnungsverhältnisse. Es beträgt die Zahl

	der heiteren Tage	trüben Tage
in Lugano	144	94
„ St. Gallen	67	151
„ Friedrichshafen . .	51	147
„ München-Harlaching	63	114
„ Freudenstadt . . .	82	120
„ Karlsruhe	38	162
„ Kiel	35	143
„ Memel	50	161

Die Höhenstationen nördlich der Alpen haben etwas mehr heitere Tage, als die niedrig gelegenen.

8. Durch Bergzüge, Berggipfel, sowie durch die älteren Bestände wird im Walde die Besonnung vielfach beeinflußt. Es ist aber nicht gleichgiltig, ob der Sonnenschein morgens, mittags oder abends abgehalten wird, weil die Intensität der Beleuchtung mit der Tageszeit wechselt. Ein dicht geschlossenes Kronendach hält die Sonne zur Zeit ihres höheren Standes ab, in welcher die Sonnenscheindauer am größten und zugleich am intensivsten ist. Die Durchbrechung des Schlusses muß eine große Veränderung in der Besonnung der Baumkronen und des etwaigen Unterwuchses hervorbringen.

[1]) Tabelle bei Hann, Met. 231.

Zur Beurteilung dieser Verhältnisse wird aus dem Versuchsgarten bei Tübingen die Sonnenscheindauer nach Monaten und nach Stunden im Durchschnitt der Jahre 1905—12 in untenfolgender Übersicht mitgeteilt.

Tabelle 1.

Sonnenscheindauer im Versuchsgarten Großholz bei Tübingen im Durchschnitt der Jahre 1905—12.

Nach Monaten:			Nach Tagesstunden:		
Januar	66,9	Stunden	5—6 Uhr	4,5	Stunden
Februar	65,1	„	6—7 „	45,3	„
März	107,1	„	7—8 „	73,6	„
April	151,4	„	8—9 „	111,2	„
Mai	190,5	„	9—10 „	147,2	„
Juni.	189,9	„	10—11 „	169,2	„
Juli	223,7	„	11—12 „	174,7	„
August	201,0	„	12—1 „	173,6	„
September	127,7	„	1—2 „	171,1	„
Oktober	117,9	„	2—3 „	159,5	„
November	52,6	„	3—4 „	128,6	„
Dezember	42,5	„	4—5 „	87,9	„
			5—6 „	60,7	„
Jahr . .	1536,3	„	6—7 „	28,4	„
			7—8 „	0,5	„

Werden Randbäume, die bis auf den Boden beastet und dicht geschlossen sind, also fast alles Licht abhalten, im Osten eines Bestandes weggehauen, so wird bei Tübingen die Besonnung der freigestellten Fläche in der Morgenzeit auf 381,8 Stunden steigen können. Geschieht dasselbe im Westen, so wird die Besonnung auf 306,1 Stunden erhöht. Wird aber der Bestand gelichtet, sodaß die Sonne zwischen den einzelnen Bäumen von oben her zum Boden gelangen kann, so wird die Besonnung auf 848,1 Stunden ausgedehnt. Die Dauer des Vorderlichtes wird also von derjenigen des Oberlichts bedeutend übertroffen. Dazu kommt, wie sich unten (§ 32) ergeben wird, daß die Intensität des Oberlichtes ebenfalls stärker ist, als die des Vorderlichtes (Seitenlichts). Die Wirkung der Lichtungshiebe auf das Wachstum des alten Bestandes und des jungen Aufschlags findet in diesen Zahlen ihre Erklärung. Doch ist auf diese Verhältnisse noch näher einzugehen, was in den folgenden Paragraphen geschehen soll.

9. Die Zusammenstellung der Sonnenscheindauer in verschiedenen Jahren in Tabelle 2 und 2a weist bedeutende Unterschiede in den einzelnen Jahren auf.

Tabelle 2.

Versuchsgarten Großholz.
Sonnenscheindauer in Stunden pro Jahr während einzelner Jahre.
Abweichung vom Durchschnitt; dieser = 100.

1905	1557,0	101
1906	1594,5	104
1907	1490,1	97
1908	1660,8	108
1909	1549,3	101
1910	1354,1	88
1911	1763,6	114
1912	1320,1	86
Durchschnitt	1536,1	100.

Größter Unterschied 443,5 Stunden.

Tabelle 2a.

Jährliche Sonnenscheindauer in der Schweiz (Stunden).

	Zürich	Lausanne	Basel	Lugano	Davos	Säntis
1888	1553	1730	1581	2104	1785	1836
1889	1415	1705	1414	2124	1621	1560
1893	2034	2208	1999	2427	1881	1834
1895	1951	2100	1945	2283	1879	1829
1896	1450	1741	1421	2155	1607	1643
Größter Unterschied	619	503	585	323	274	276

Diese jährlichen Abweichungen vom Durchschnitt sind waldbaulich von großer Bedeutung, weil alle Erscheinungen, die mit dem Lichte unmittelbar zusammenhängen, große Unterschiede von Jahr zu Jahr zeigen werden. Der Bestandesschatten, der für das Gedeihen der Verjüngung von entscheidendem Einfluß ist, war 1910 und 1912 viel intensiver als 1911 usw. Man kann also auf dem gleichen Standorte in zwei aufeinander folgenden Jahren ganz verschiedene Erfolge bei der Verjüngung, bei der Lichtung etc. erzielen, ganz „verschiedene Erfahrungen machen“

Ebenso können in neben einander liegenden Bezirken (z. B. südlich und nördlich von Offenburg, Wiesbaden, Hannover, Glogau; östlich und westlich von Kaiserslautern, Münster, Erfurt, Stargard) bei demselben Lichtungsgrade sich ganz verschiedene Wirkungen auf den Unterwuchs ergeben.

§ 32. Die Intensität des Lichtes.

1. Die Intensität des Lichtes ist neuerdings Gegenstand mehrfacher Studien gewesen. Die von Wiesner[1]) vervollkommnete Methode der Messung nach Bunsen und Roscoe gestattet nur eine Feststellung der chemischen Intensität; allein Wiesner zeigt, „daß man innerhalb gewisser Grenzen der Tagesbeleuchtung angenähert diese Methode auch zur Ermittelung der gesamten Lichtstärke, insbesondere zur Feststellung des relativen Lichtgenusses der Pflanze und ihrer Organe mit Vorteil heranziehen kann“[2].) Für die Untersuchung der Beleuchtungsverhältnisse im Walde hat Cieslar die Wiesnersche Methode angewendet[3]).

Es wird zerstreutes (diffuses) und direktes Sonnenlicht unterschieden; die Summe beider ergibt das Gesamtlicht.

2. Die Intensität des direkten und diffusen Lichtes ändert sich mit dem Sonnenstande. Diese Änderung ist für den praktischen Waldbau von höchster Bedeutung. Das jährliche und tägliche Maximum fällt mit dem höchsten Sonnenstande zusammen (nach Rübel, Schwab, Wiesner). Im Juni und Juli, in höheren Lagen noch im August ist die Lichtsumme am größten. Die höchste chemische Strahlung ist im Mai, Juni, Juli vorhanden. Am Tage ist die Lichtsumme von 11—12 Uhr (Schwab), in höheren Lagen von 9—1 (Rübel) am größten. Bei geringer Sonnenhöhe überwiegt das diffuse Licht von 12—2 Uhr (Schwab). Die Intensität ist am Morgen größer, als am Abend (Wiesner). Die Intensität der Strahlen des vom Himmel kommenden diffusen Lichtes wird vom Zenith gegen den Horizont geringer (Wiesner).

3. Wiesner[4]) unterscheidet Oberlicht, Vorderlicht, Unterlicht und Hinterlicht. Oberlicht ist das auf die Horizontalfläche einfallende Licht; Vorderlicht das von der Sonne oder vom Himmel auf die vertikale Fläche auffallende Licht. Unterlicht ist das vom Boden, oder von Flüssen, Teichen reflektierte Licht. Hinterlicht ist solches, das von rückwärts auffällt (Baum an einer Felswand). Die Stärke des Oberlichts ist im großen ganzen von der Sonnenhöhe abhängig. Bei freier Exposition ist das Oberlicht stets beträchtlich stärker, als das Vorderlicht, weil nicht nur der ganze Himmel leuchtend wirkt, sondern weil das Zenithlicht hier zur stärksten Wirkung kommt, welches bei diffuser Himmelsbeleuchtung stets die größte Lichtstärke besitzt.

---

[1]) Der Lichtgenuss der Pflanzen. 1907. Eine Zusammenfassung der früheren Arbeiten mit ausführlichem Literatur-Nachweis Seite 313—316.

[2]) A. a. O. Seite 11.

[3]) Cieslar, Die Rolle des Lichtes im Walde. Mitt. der Österr. V. A. 30. Heft. 1904.

[4]) A. a. O. 47.

Das in der forstlichen Literatur als „Seitenlicht" bezeichnete Licht ist in der Hauptsache Vorderlicht, das von einer freien Fläche unter die Baumkronen seitlich einströmt. Jede Unterbrechung des Kronenschlusses gestattet dem Oberlicht Zutritt. Bei der viel stärkeren Wirkung des Oberlichts erklärt sich das bessere Wachstum bei Anwendung von „Löcherhieben", bei der Lichtung geschlossener Bestände, sogar bei stärkeren Durchforstungen.

4. Über die relative Intensität des Vorderlichtes sind von mehreren Forschern Zahlen mitgeteilt worden.

Wiesner[1]) hat Untersuchungen sowohl bei ganz wolkenlosem Himmel und vollem Sonnenschein, als bei vollkommen bedecktem Himmel angestellt. Die Ergebnisse sind in nachstehender Übersicht zusammengefaßt.

Intensität des auf die vertikale Fläche fallenden Vorderlichtes

	bei wolkenfreiem Himmel	bei bedecktem Himmel
von Norden	1,00	1,00
„ Westen	1,19	1,23
„ Osten	1,25	1,17
„ Süden	3,12	1,33
Intensität des gesamten Tageslichts	4,50	2,70

Bei vollem Sonnenschein ist der Süden dreimal so stark beleuchtet als der Norden; das mittlere Vorderlicht ist 1,64 und verhält sich nach seiner Stärke zum Gesamtlicht wie 1: 2,74. Bei bedecktem Himmel sind die Unterschiede nicht so bedeutend wie bei wolkenlosem; das mittlere Vorderlicht ist 1,18 und verhält sich zum Gesamtlicht wie 1: 2,28.

Schwab faßt die Ergebnisse der Messungen in Kremsmünster dahin zusammen[2]), daß die absoluten Werte des Vorderlichts, wie die des Oberlichtes mit der Sonnenhöhe zunehmen, daß die Intensität des Vorderlichtes aus Süd im Sommerhalbjahre kleiner ist, als die des Oberlichtes. In der Periode des Maximums (Juni, Juli) beträgt die Stärke des Vorderlichtes aus Süd 0,5, aus Nord 0,1, aus Ost und West 0,2 des Gesamtlichtes. Unter einander stehen die Intensitäten des orientierten Vorderlichtes in einem für alle Monate, als auch für die einzelnen Sonnenhöhen ziemlich konstanten Verhältnisse. Das Vorderlicht gegen Süd ist etwa viermal intensiver als das gleichzeitige gegen Nord und dreimal intensiver als das gegen Ost oder West. Diese Werte stimmen mit den von Wiesner gefundenen Zahlen sehr nahe überein. Beide beziehen sich auf geringe Meereshöhen.

---

[1]) A. a. O. 48.
[2]) A. a. O. 19.

5. Über die Lichtintensität in den hohen Lagen hat Rübel auf dem Berninahospiz (2309 m) Messungen angestellt[1]. „Nord zeigt die niedersten Intensitäten, sie reichen nicht einmal (an sonnigen Tagen) an das diffuse Oberlicht heran". „Bei bedecktem Himmel ist kein Unterschied der Himmelsrichtungen mehr wahrzunehmen, das Oberlicht ist aber immer noch höher". „Im allgemeinen ist im Winter das Oberlicht fast gleich bis doppelt so stark, als das mittlere Vorderlicht, im Sommer 1½—3mal so stark". „In unsern Breiten wird das nördliche Vorderlicht nie höher als das südliche, dieses aber kann mehr als den fünffachen Wert von jenem betragen (100: 545)". Das diffuse Licht zeigt nicht so große Unterschiede; Süd ist immerhin bis 1,67 mal stärker. Vergleichen wir die für die Pflanzen besonders in Betracht kommenden Lichtsummen. Während der Vegetationsperiode ist die Lichtsumme des Oberlichtes weitaus die höchste, 1,54- bis 2,26 mal so hoch, als die des mittleren Vorderlichtes. Von den Vorderlichtsummen ist Süd die höchste, Nord die niedrigste, Ost und West liegen dazwischen, fast immer Ost etwas höher als West. Die Südsumme ist 1,66—2,23 mal größer als die Nordsumme.

§ 33. Die Beleuchtungsverhältnisse im Walde.

1. Die tägliche Beobachtung lehrt, daß durch Bäume das direkte Sonnen-, wie das diffuse Tageslicht abgeschwächt wird. Der Stamm, die Äste, Zweige und Blätter halten das Licht vom Innern der Krone und vom Boden zurück. Es gelangt aber doch etwas Sonnenlicht auf den Boden. Die bei Sonnenschein auf dem Boden entstehenden Sonnenbilder rühren von Lücken in den Baumkronen her, durch welche die Sonnenstrahlen hindurchtreten. Die Beleuchtung wechselt mit dem Stande der Sonne, mit der Verschiedenheit der Kronenbildung, mit der Holzart.

Die Verschiedenheit der Belichtung ruft Unterschiede in der Bodenflora hervor. Flechten, Moose, Gräser, Keimlinge verschiedener Holzarten treten bei ganz verschiedenen Belichtungsgraden auf dem Boden hervor; ebenso ist das Wachstum je nach dem Lichtzutritt in verschiedenem Grade abgestuft. Diese Erscheinungen haben längst die Aufmerksamkeit der Wirtschafter auf sich gezogen. Durch allgemeine Bezeichnungen, wie dunkel, zu dunkel, licht, etwas licht, zu licht usw. sollte der jeweils vorhandene Lichtgrad ausgedrückt und seine Beziehung zum Wachstum der Pflanzen angedeutet werden.

2. Theodor Hartig war der erste, der genauere Messungen für nötig hielt. Etwa 1855 hat er einen Helligkeitsmesser konstruiert und Untersuchungen über die im Walde herrschenden Lichtgrade angestellt[2]. Weber in Kiel nahm 1890—92 Messungen der Tageshelligkeit vor.

[1]) A. a. O. 273.

[2]) Forst- u. J.-Z. 1877, 35.

Umfassendere Versuche wurden ca. 1892 von Wiesner in Wien eingeleitet und seitdem in verschiedenen Gegenden ausgeführt. Sein Apparat gibt die chemische Intensität des Lichtes an[1]).

Wiesners Methode, die Lichtintensität zu messen, besteht darin, daß er ein photographisches Papier dem Lichte aussetzt. Dieses Papier wird dadurch geschwärzt. Als Vergleich dient sog. „normalschwarzes" Papier, das mit besonderer Vorsicht und Genauigkeit hergestellt wird. Aus der Zeitdauer, welche bis zur Erreichung des Normalschwarz verfließt, wird auf die chemische Intensität geschlossen. Als Maßeinheit der Lichtintensität wird eine Schwärzung des Normalpapiers auf Normalschwarz angenommen, welche im Zeitraum von einer Sekunde erreicht wird. Wenn zur Färbung auf Normalschwarz 1, 2, 3, 4 Sekunden nötig sind, so ist die Lichtintensität in den einzelnen Fällen = 1 dividiert durch 1, 2, 3, 4 oder = $^1/_1$; $^1/_2$; $^1/_3$; $^1/_4$ = 1; 0,50; 0,33; 0,25.

Weitere Studien stellten an Schwab[2]) in Kremsmünster, Rübel[3]) auf dem Berninahospiz, Dorno[4]) in Davos. Stebler und Volkart[5]) in Zürich, und in ähnlicher Weise Weinzierl in Wien, wurden durch ihre Untersuchungen über das Wachstum der Futterkräuter zu photochemischen Messungen veranlaßt. Umfassende Untersuchungen im Walde rühren von Cieslar in Wien her[6]).

Ramann hat seit 1905 zahlreiche Lichtmessungen unter verschiedenen Beständen angestellt und vorläufig diejenigen unter Fichtenbeständen mitgeteilt. Er hat hiezu ein Selenphotometer konstruiert. Die Lichtstärken drückt er in lux aus. „Ein lux entspricht der Lichtmenge, welche ein qcm Fläche von einer Normalkerze in einem Meter Abstand empfängt"[7]).

3. Es handelt sich für viele forstliche Zwecke nicht um die absolute Lichtmenge, die eine Pflanze erhält, sondern um den Bruchteil des Tageslichtes, welcher den inneren Blättern einer Baumkrone und den Pflanzen zuströmt. Diese Lichtmenge wird von den Forschern bald durch einen Bruch ($^1/_{10}$, $^1/_{60}$), bald durch die prozentischen Werte ausgedrückt: in den folgenden Übersichten sind die Angaben in Prozentzahlen umgerechnet. Die Zahlen selbst geben das Minimum von Lichtstärke an, das im Innern der Baumkronen, oder unten für die auf dem Boden stehenden Pflanzen vorhanden ist.

---

[1]) Wiesner, J., Der Lichtgenuss der Pflanzen. 1907. Die photometrischen Methoden werden besprochen Seite 11—33; vgl. auch Cieslar a. u. a. O. Seite 17.

[2]) Schwab, Das photochemische Klima von Kremsmünster. 1904.

[3]) Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellschaft in Zürich. 53, 207 (1908).

[4]) Studie über Licht und Luft des Hochgebirges. 1911.

[5]) Der Einfluß der Beschattung auf den Rasen. Landw. Jahrbuch der Schweiz. 1904.

[6]) Die Rolle des Lichtes im Walde. Mitt. der Österr. V. A., Heft 30, 1904.

[7]) Allg. Forst-J.-Z. 1911, 401.

Die Lichtschwächung ist erheblicher, als es den Anschein hat. Wiesner fand in einem Buchen-Jungwuchs und in einem Eichenbestand vor der Belaubung die Lichtstärke bis auf 50 % des Tageslichtes reduziert[1]). Nach Cieslar[2]) war die Lichtmenge im laublosen 60 jährigen Buchenbestande auf 26%, in einer Tannenfläche auf 7—11, in einer Schwarzföhrenfläche auf 17—21 % vermindert. In Fichtenbeständen war nach Ramann die Lichtstärke auf 2—10 % herabgesetzt.

Linsbauer führt an[3]), daß er in einem hochstämmigen Buchenwalde ein Innenlicht gemessen habe, das $^1/_{30}$ = 3,33 % des gesamten Tageslichts unter freiem Himmel betragen habe.

4. Wiesner und Stebler-Volkart haben bei einer größeren Anzahl von Bäumen die Schwächung des Lichtes durch die Kronen untersucht. In der nachfolgenden Übersicht sind die angegebenen Werte einander gegenübergestellt.

Holzart	Das Minimum des Lichtgenusses beträgt % des Tageslichtes nach Wiesner:	Bemerkungen
Corylus avellana	33	Unbelaubt,
Prunus spinosa	33	Unbelaubt,
Larix decidua	20	Freistehender Gartenbaum,
Fraxinus excelsior . . .	17	Baumgruppe,
Betula verrucosa	11	Gartenbaum,
Pinus Laricio	9,1	Nicht dichter Bestand,
Populus nigra	9,1	Freistehender Baum,
Populus alba	6,7	Freistehender Baum,
Quercus pedunculata . .	3,8	Geschlossene Gruppe,
Picea excelsa	3,6. 2,8. 2,5	Freistehend (?),
Acer campestre	2,3	Freistehend,
Carpinus betulus	1,8	Geschlossener Bestand,
Acer platanoides	1,8	Geschlossener Bestand,
Fagus silvatica	1,7	Geschlossener Bestand,
Fagus silvatica	1,2	Freistehender Gartenbaum,
Aesculus hippocastanum .	1,7	Geschlossener Bestand,
Aesculus hippocastanum .	1,2	Freistehender Gartenbaum.

Das Licht war vermindert nach Stebler-Volkart an freistehenden Bäumen

	auf %	Minimum	Maximum
Pinus silvestris.	50	36	64
Betula verrucosa	44	24	81
Larix decidua	38	16	67
Prunus avium	22	17	34

[1]) Zbl. f. g. F. 1897, 247.

[2]) A. a. O. Seite 20.

[3]) Bot. Zentralbl. Beihefte Bd. X, 81.

	auf %	Minimum	Maximum
Quercus pedunculata . . .	18	12	27
Pirus communis	18	10	29
Pirus malus	18	16	22
Fraxinus excelsior	16	—	—
Abies pectinata	14	—	—
Picea excelsa	13	8	36
Castanea vulgaris	9	5	13
Juglans regia	7	5	13
Fagus silvatica	5	4	7

Die Messungen von Stebler-Volkart sind durchweg an freistehenden Bäumen auf Wiesen und Weiden, teils bei Zürich, teils im Gebirge vorgenommen worden. Bei Wiesner sind die äußeren Wachstumsbedingungen verschieden; es sind von ihm teils freistehende Gartenbäume, teils Bäume aus Gruppen oder dem geschlossenen Bestande bei Wien untersucht worden. Eine weitgehende Übereinstimmung der Ergebnisse der verschiedenen Messungen ist daher nicht anzunehmen, da die Länge und die Dichte der Baumkronen zwischen weiten Grenzen schwanken müssen.

Die Reihenfolge von Stebler von den schwach zu den stark schattenden Holzarten wird durch die Erfahrung bestätigt. In der Reihenfolge der Holzarten, wenn auch nicht in den gefundenen Verhältniszahlen, weicht übrigens die Tabelle von Wiesner nicht allzuweit von derjenigen Steblers ab.

5. Durch die Untersuchungen Ramanns ist die Bedeutung der Sonnenbilder (oder „Sonnenflecken") klar gestellt worden. Die stärkere Belichtung (und Erwärmung) dieser Sonnenbilder geht aus folgenden Zahlen hervor: Eichenbestand: im Schatten 168 lux, Sonnenbilder 225—245 lux; Eichen-Buchenbestand 120: 145—250; Buchenbestand 90: 130—158; Fichtenbestand 44—48: 56—72 und 100: 162 bis 240; Tannenbestand 72: 94. „Mit dem Stande der Sonne verschieben sich die Sonnenflecken fortwährend und treffen dadurch andere Stellen des Waldbodens. Die Einzelwirkung wird dadurch örtlich gering, die Gesamtwirkung muß aber beträchtlich sein. Es ist anzunehmen, daß das niedere und höhere Pflanzenleben dadurch beeinflußt wird"[1]).

In geschlossenen Beständen ist die Belichtung ziemlich gleichmäßig; mit der Stärke der Durchforstung ändert sich auch die Belichtung. Bei Besprechung der Durchforstungen wird hievon weiter zu reden sein.

6. Von Wiesners Untersuchungen mögen noch einige forstlich wichtige Ergebnisse angeführt werden.

---

[1]) A. a. O. Seite 402.

Am 30. März 1893 beobachtete Wiesner[1]) im Wiener Augarten eine Intensität des gesamten Tageslichtes = 0,427. Am Südostrande eines noch unbelaubten hochstämmigen Roßkastanienwaldes herrschte aber im vollen Sonnenlichte gleichzeitig nur eine Intensität von 0,299 (= 70 %); im Schatten eines Roßkastanienstammes (Nordost) betrug die Intensität nur 0,023 (=5,4 %). An einem sonnigen, fast wolkenfreien Tag wurde das Licht mitten in einem unbelaubten Baum- und Strauchbestande untersucht. Die Intensität des gesamten Tageslichtes im Schönbrunner Park betrug 0,712. Hundert Schritte (ca. 80 m) vom Rande eines aus Eichen und Hainbuchen bestehenden Waldes mit Unterholz entfernt betrug die Intensität des (gemischten) Sonnenlichtes 0,355 (= 50 %), im Schatten der noch völlig laublosen Bäume bloß 0,166 (= 23 %). Wiesner zieht aus diesen und anderen Beobachtungen den Schluß, daß, wo direktes Sonnenlicht ungehemmt in die Krone eintrete, es dieselbe Intensität habe, wie außerhalb, daß aber die Intensität des diffusen Lichts innerhalb der Laubmassen stark herabgesetzt werde.

Der geschlossene Wald hat eine gleichmäßigere Lichtstärke[2]); die Intensität des Schattenlichtes ist aber nicht konstant. Im Fichtenwalde fand Wiesner $^1/_{60}$—$^1/_{90}$. Bis zu einem Schattenlichte von $^1/_{10}$ reichte *Calluna vulgaris; Vaccinium myrtillus* bis zu $^1/_{48}$—$^1/_{54}$; *Oxalis acetosella* bis $^1/_{70}$. Wo der Schatten des Fichtenwaldes bis auf $^1/_{90}$ hinabgeht, erscheint der Boden, von wenigem Grasanflug abgesehen, wie tot.

7. Für die natürliche Verjüngung von Bedeutung sind noch folgende Ausführungen von Wiesner[3]): Jedes Holzgewächs kann im Walde als Unterholz auftreten, wenn nur sein Lichtbedürfnis geringer ist, als das der überschattenden Bäume; ist es aber größer, so stirbt es desto früher ab, je mehr die Bäume sich entwickeln, je früher sie ihre volle Schattenstärke erreichen. Es kann ferner jedes auf geringe Lichtstärke gestimmte Holzgewächs im Schatten überhaupt, also auch im Waldesschatten fortkommen, wenn sein eigenes Lichtgenußminimum kleiner ist, als die Lichtintensität des Tages- oder Waldschattens, in welchem das Gewächs zu leben genötigt ist. Es werden deshalb Buche, Ahorn etc. starkes Schattenlicht vertragen, bis die Überschirmung ihr eigenes Minimum unterschreitet.

In dem Maße als das ihnen von außen, sei es im Walde oder an einem andern Standorte, zukommende Licht geringer wird, werden sie selbst in ihrer Laubentfaltung geringer sein. Schließlich reduziert das Unterholz das Laub so sehr, daß kein einziges Blatt des betreffenden

[1]) A. a. O. 69.
[2]) Wiesner, a. a. O. 163.
[3]) A. a. O. 166.

Strauches mehr im Schatten des eigenen Laubes steht. Die Blätter breiten sich in einer Ebene aus, die im Waldesschluß in der Regel die horizontale ist. Im Schatten von *Carpinus betulus* bei L = $^1/_{58}$ fanden sich als Unterholz *Fagus silvatica*, *Carpinus betulus*, *Acer campestre*, *Ulmus campestris*.

In allen diesen Fällen ist vom diffusen Licht die Rede. Den Waldboden trifft aber auch direktes Sonnenlicht. Die Lichtstärke des sog. Sonnenbildes ist größer als die des diffusen Lichtes, aber geringer als die der direkten Sonnenstrahlen.

8. Welche Anwendung Wiesner von seinen Ergebnissen gemacht wissen will, geht aus den folgenden Ausführungen hervor[1]). Wir besitzen Mittel, die Lichtfrage bei aller Pflanzkultur so sicher zu lösen, daß gar keine Zweifel mehr übrig bleiben, kurz, daß wir nunmehr ganz rationell vorgehen können. Da der Lärche $^1/_5$—$^1/_6$ des Lichtes zuströmen muß, so sehe ich sofort, daß sie nicht gedeihen kann an einem Orte, wo ihr nur $^1/_8$ des Gesamtlichts zukommt; wo dieses $^1/_2$ beträgt, wird sie noch fortkommen, bei $\frac{1}{1.4}$ wird sie gut gedeihen usw.

9. Als willkommene Ergänzung der Ausführungen Wiesners sind die Untersuchungen von Cieslar zu bezeichnen, durch welche die Zusammensetzung der Bodenflora bei verschiedenen Lichtgraden genauer bekannt geworden ist. Er faßt die Ergebnisse dahin zusammen[1]), daß in verschieden lichten Beständen derselben Holzart die Zahl der die Bodenvegetation bildenden Pflanzenspezies mit dem Lichtungsgrade zunimmt und daß bei stärkerer Lichtung — auf 0,5 der Kreisfläche stark durchforsteter Bestände — der Bodenüberzug bereits zu einem sehr dichten üppigen Vegetationsfilze wird.

10. Von hohem Interesse sind endlich die Untersuchungen von Stebler-Volkart[2]) über den Einfluß von Schirmbäumen auf die Vegetation, die sich in ihrem Schatten einstellt. Unter frei auf Wiesen oder Matten stehenden Lärchen, die dem Grase noch reichlich Licht zukommen lassen und durch den Nadelabfall die Humusbildung begünstigen, zeichnet sich der Bestand durch einen hohen Prozentsatz trockenheits- und humusliebender Pflanzen aus. Immerhin besteht ein Unterschied im Rasen unter Lärchen und in freier Lage: wo die Sonne freien Zutritt hat, dominieren die Schmetterlingsblütler, die im Schatten der Lärche ganz fehlen. Der unbeschattete Rasen ist auch in seiner übrigen Zusammensetzung erheblich besser.

Unter Fichten ist der Rasen weniger günstig, als unter Lärchen. Der Bestand ist viel lockerer, die Gräser, Scheingräser und Schmetterlingsblütler sind sozusagen verschwunden, dagegen machen sich gering-

---

[1]) A. a. O. 283.

[2]) A. a. O. Seite 72.

[3]) A. a. O. Seite 62—88.

wertige Arten bemerkbar. Wo das Licht einen bessern Zutritt hat, bessert sich die Zusammensetzung auch unter der Fichte zusehends. Unter isolierten Laubbäumen vermag der Grasbestand ziemlich gut aufzukommen; er ist aber viel lockerer als in der Sonne und kennzeichnet sich durch schattenliebende Arten.

Die Waldweiden sind je nach der beschattenden Holzart sehr verschieden zusammengesetzt. „Je größer die Waldlichtung, je lichter die Bäume, je größer der Abstand derselben, desto besser der Rasenbestand und die Bestockung, desto günstiger die botanische Zusammensetzung und der Ertrag, desto wertvoller das Futter".

In dem sauren Humus der mit Fichten bestockten Weide siedelt sich leicht die Heidelbeere an. Wo der Boden schwer ist und lange feucht bleibt, entwickeln sich, ohne daß erhebliche Humusbildung einträte, die Farnkräuter. Diese Verunkrautung tritt nicht bloß auf schattseitigen Weiden auf, sondern nicht selten auch an Südhängen, die leicht bewaldet sind. Sie ist um so stärker, je näher die Bäume zusammentreten und tritt nur zurück, wo der Boden das Wasser leicht und willig aufnimmt und daher verhältnismäßig schnell abtrocknet.

Die Nordhänge stellen häufig feuchtigkeitsliebende Pflanzengesellschaften dar, während unter gleichen Bodenverhältnissen in gleicher Höhenlage die Sonnenseite trockenheitsliebende (xerophile) Pflanzen beherbergt.

11. Untersuchungen, wie diejenigen von Cieslar, Stebler und Volkart, sollten auch in anderen Gebieten angestellt werden. Sie zeigen, wie empfindlich die Pflanzen gegenüber jeder Änderung des Lichtgenusses sind und könnten wertvolle Fingerzeige für die verschiedensten waldbaulichen Maßnahmen geben (Wahl der Holzart, natürliche und künstliche Verjüngung, Durchforstungen, Lichtungen)[1].

Welche Wirkungen der höhere oder geringere Lichtgenuß auf das Wachstum und die Produktion organischer Substanz bei den verschiedenen Holzarten ausübt, soll im folgenden Paragraphen nachgegewiesen werden.

Versuche über den Einfluss verschiedener Lichtgrade auf das Wachstum der wichtigsten Holzarten.

§ 34. Einleitung.

1. Seit dem Jahre 1888 habe ich in schweizerischen und württembergischen Waldungen Versuche über die Einwirkung verschiedener Lichtgrade auf das Wachstum der wichtigsten Holzarten angestellt.

---

[1]) Ratzeburg hat in seinem Werke: „Die Standortsgewächse und Unkräuter Deutschlands und der Schweiz", 1859, schon standortschaffende und standortanzeigende Kräuter unterschieden.

Die Lage der Versuchsbeete war eben. Sie lagen neben einander, standen unter demselben Klima. Der Boden war in allen Beeten der äußeren Beurteilung nach gleich. Verschieden war für die Pflanzen nur der Lichtgenuß.

Die Lichtgrade, in denen die Pflanzen erzogen wurden, waren teils im Walde durch die Beschattung der Bäume gegeben, teils in Versuchsgärten durch Baumreihen oder Deckgitter hergestellt.

2. Durch hölzerne Deckgitter wurde das den Pflanzen von oben und von der Seite zuströmende Licht, je nach dem Abstand der Latten, um ¼, ½, ¾ vermindert; zur Vergleichung wurden nebenan ebensoviele Pflanzen im freien Stande erzogen.

Sodann wurde durch Fichten, Lawsons-Cypressen und Eschen der Lichtzutritt von der Seite oder von oben verändert. Die Pflanzen wurden je in einer Reihe genau in der Richtung Nord-Süd und Ost-West gepflanzt, sodaß durch den dichten Schluß der Fichten und Cypressen das Vorderlicht von Osten und Westen, bezw. Süden und Norden vermindert oder fast ganz abgeschlossen war. Durch Umpflanzung einer etwa 1 a großen Fläche konnte das Vorderlicht ringsum abgeschlossen werden, sodaß den Pflanzen nur Oberlicht zukam. Durch Pflanzung von Eschen wurde nach eingetretenem Kronenschluß das Oberlicht fast vollständig abgeschlossen und nur dem Vorderlicht Zutritt gewährt. Endlich wurde durch Umpflanzung einer Fläche mit Fichten und Beschattung durch Eschen das Vorder- und Oberlicht vermindert und fast ganz abgeschlossen.

Die Pflanzen erwuchsen also in den Versuchsgärten Adlisberg bei Zürich und Großholz bei Tübingen in folgenden Abstufungen der Lichtstärke: 1. ganz frei, 2. unter Abschluß des Vorderlichtes von Nord, 3. von Süd, 4. von Ost, 5. von West, 6. unter Abschluß des gesamten Vorderlichtes, 7. unter Abschluß des Oberlichtes, 8. unter Abschluß des Vorder- und Oberlichtes.

3. Bei Zürich und bei Tübingen wurden sodann unter Anlehnung an die natürlichen Verhältnisse 1888 bezw. 1902 Versuche in Buchen- und Tannenbeständen ausgeführt. Eine Variation des Lichtgrades wurde dadurch erreicht, daß die Pflanzen unter dem Kronendach von 40, 60, 90 Jahre alten, also verschieden beleuchteten Beständen eingesetzt wurden; sodann dadurch, daß die Pflanzen in der Nähe von offenen Stellen (Kahlschlägen, jungen Kulturen, Lücken) gepflanzt oder tief im Bestandesinnern unter dem geschlossenen Kronendach oder endlich in einer ausgehauenen Bestandeslücke erzogen wurden. Hier sollen nur die Versuche bei Tübingen eine Stelle finden.

Auf diese Weise entstanden folgende Abstufungen der Lichtgrade:

1. Ein dicht geschlossener Bestand von 100 jährigen Buchen und 40 jährigen Tannen hielt das Oberlicht ab und ließ nur ganz schwaches Vorderlicht zutreten;

2. am Rande desselben Bestandes gegen einen jungen, ursprünglich 50 cm, nunmehr 1—2 m hohen Bestand hin war das Oberlicht in derselben Weise abgeschlossen, dagegen hatte Vorderlicht von Süden und

3. auf der gegenüberliegenden Seite des jungen Bestandes Vorderlicht von Norden Zutritt.

4. In der ausgehauenen Lücke war schwaches Vorderlicht und das Oberlicht wirksam. Als Vergleichsfläche diente

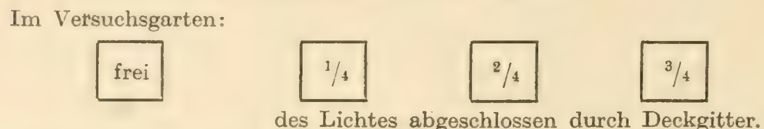
5. die Erziehung im freien Licht auf einer ehemaligen Kahlfläche, die mit Eichen angesät war (der oben genannte junge Bestand).

Am gleichen Orte Versuche unter Zutritt des Vorderlichtes von Osten und Westen auszuführen, war durch die Bestandes- und Terrainverhältnisse unmöglich gemacht.

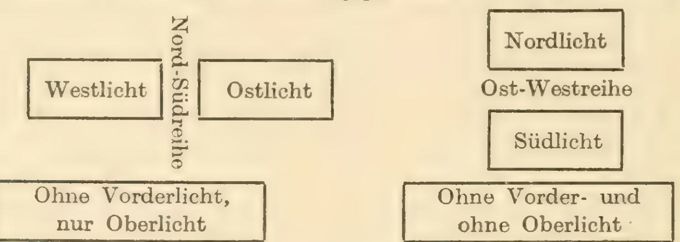
4. Die Lage der einzelnen Versuchsbeete ist durch die nachstehenden Skizzen veranschaulicht.

I. Versuchsreihe mit Deckgittern.

Im Versuchsgarten:

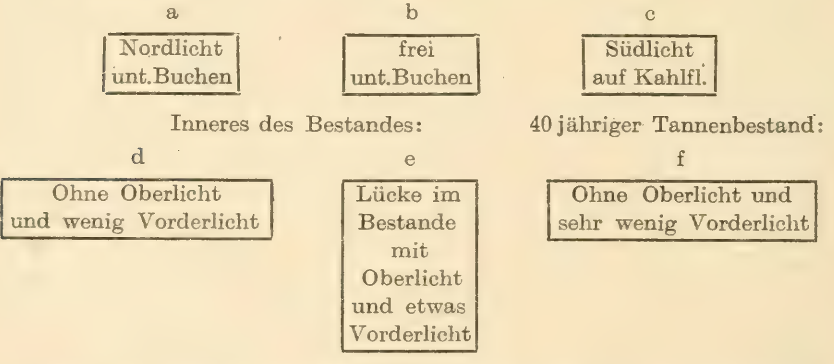


II. Versuchsreihe, Licht reguliert durch gepflanzte Reihen von Fichten etc. etc.



III. Versuchsreihe im 100 jährigen geschlossenen Buchenbestande.

Im Walde:



5. Eine IV. Versuchsreihe wurde 1910 eingeleitet. In einem 100jährigen Buchenbestande bei Tübingen wurde ein Stück kahl gehauen. Auf der kahlen Fläche wurden Saaten ausgeführt. Diese Anordnung soll einem Löcherhieb oder einem schmalen Schlage, einem Anhiebe entsprechen. Der Versuch ist eine Modifikation des Versuchs III e.

Das Nähere in § 39.

6. Die Pflanzungen wurden im Verband 20/10, oder 20/20 cm ausgeführt, um dem Stande der Pflanzen in der natürlichen Verjüngung nahezukommen.

Bei den neuerdings eingeleiteten Versuchen werden nur Saaten angewendet, um eine völlig ungestörte Entwickelung der Pflanzen zu sichern. Wie bei der Pflanzung der Verband, so ist bei der Saat die Samenmenge von Einfluß auf die Entwickelung der Pflanzen. Doch kann dieser (übrigens sehr wichtige) Punkt erst durch weitere Versuche klargestellt werden.

7. Der Entzug des Lichtes bringt bei den Pflanzen mehrerlei Veränderungen hervor. Die Nadel- und Blattzahl nimmt im tieferen Schatten ab. Farbe und Konsistenz der Blätter und Nadeln ändern sich, insbesondere die Nadeln bekommen ein gekräuseltes, fahles Aussehen. Blätter und Nadeln stehen vielfach nicht mehr horizontal, sondern vertikal, weil sie sich nach der stärkeren Lichtseite kehren;

dadurch erhalten die Pflanzen selbst eine Neigung gegen die Lichtseite hin. Die Blätter und Nadeln verlieren bald an Länge und Breite, bald sind sie auffallend verlängert. Die Pflanzen bekommen teilweise eine buschige Form; die Seitenäste wachsen mehr in die Breite, als der Gipfel in die Länge. Manchmal (Tanne) bleibt der Gipfel in der Entwickelung zurück, daß ein Seitenast sich aufrichtet. Endlich erhalten im tiefen Schatten die Pflanzen ein kränkelndes Aussehen überhaupt, das bei der Beobachtung sofort auffällt, aber schwer sich beschreiben läßt. Bei jeder Aufnahme des Versuchs werden alle diese Erscheinungen in das Beobachtungsheft eingetragen. Solche Aufzeichnungen leisten wesentliche Dienste bei der vergleichenden Betrachtung der verschiedenen Beete.

8. Als Maßstab zur Vergleichung der Wirkung verschiedener Lichtgrade können aber, zumal für Dritte, nur Merkmale dienen, die sich messen lassen.

Dies ist bei der Höhe und dem Gewicht der Pflanzen der Fall. Letzteres ist die genauere Methode; sie läßt sich aber nicht anwenden, wenn der Versuch noch weiter fortdauern soll. So sind wir in den meisten Fällen auf das Höhenwachstum angewiesen.

Bei den Höhenmessungen wird erhoben: a) das absolute Maximum; b) der Durchschnitt der höchsten Pflanzen, also das Mittel der Maxima; c) der Durchschnitt sämtlicher Pflanzen; d) das Mittel der Minima; e) (selten) das absolute Minimum. Außerdem werden die Höhentriebe in den einzelnen Jahren gemessen.

Da es sich vielfach nicht um absolute Werte, sondern um relative Wachstumsverhältnisse handelt, wird die Methode der Reihenfolgen zu Hilfe genommen, d. h. die Beete werden auf Grund von Schätzungen mit den Zahlen 1, 2, 3 usw. versehen. Hiebei kommt neben der gemessenen Höhe der gesamte Eindruck, den die Pflanzen machen, zur Geltung. Im allgemeinen stimmen die Reihenfolgen der Beete nach der geschätzten Gesamtentwickelung und der gemessenen Höhe gut überein; die Beete fallen nach beiden Methoden fast immer in dieselbe Klasse. Diese vergleichende Schätzung kann nur angewendet werden, wenn die Beete nahe beisammen liegen und leicht überblickt werden können.

Ein genauerer Maßstab wäre, wie oben hervorgehoben wurde, das Gewicht. Am Schluß der Versuche wird stets das Gewicht ermittelt und der Vergleichung zugrunde gelegt.

9. Zur Beurteilung der Methoden mag eine Untersuchung Breitenlohners[1]) an allerdings nur 1jährigen Buchen angeführt sein. Das Ergebnis zeigt zugleich, wie schon am Rande des Bestandes das Wachstum sehr erheblich herabgesetzt wird.

Im September 1875 wurden von ihm im Wienerwalde 1jährige Buchen untersucht, die teils frei auf einem abgeholzten Waldstreifen, teils am Bestandesrande, teils im Waldinnern erwachsen waren.

In Verhältniszahlen ausgedrückt, waren die Ergebnisse folgende:

	frei	am Bestandes-rande	im Bestandesinnern
Blattzahl	100	26	13
Laubgewicht	100	16	8
Wurzelgewicht	100	26	15
Stammgewicht	100	18	16
Totalgewicht	100	21	13
Länge des Stammes .	100	49	54
Länge der Wurzeln . .	100	87	67

[1]) Cbl. f. g. F. 1897, 2.

Das Gewicht dieser 1jährigen Buchen wurde durch den Lichtentzug viel mehr herabgesetzt, als deren Länge. Bei allen Vergleichen, denen die Höhe der Pflanze zugrunde liegt, ist also für etwaige Schlußfolgerungen größte Vorsicht nötig.

§ 35. I. Versuche im Schatten eines Buchen- und eines Tannenbestandes.

1. Staatswald Großholz bei Tübingen, 385 m ü. M.

Unterste Schichte des schwarzen Jura. Lehmboden. Die Versuchsbeete befinden sich an einem Westhange auf einer ebenen Terrasse des Hanges. Die Beete sind von Natur eben oder künstlich in die ebene Lage gebracht. Die Pflanzen wurden 1- oder 2jährig gepflanzt. Beginn des Versuchs 5. April 1904. Bei der Untersuchung am 29. April 1909 waren die Pflanzen 6 bezw. 7 Jahre alt. Es wurde je die Hälfte der vorhandenen Pflanzen abgeschnitten und grün gewogen. Da in einem Beete 10 Reihen von 1 m Länge gepflanzt waren, so wurden 5 Reihen (1, 3, 5, 7, 9) entfernt.

Tabelle 3.

Lichtversuche unter 100jähr. Buchen und 40jähr. Tannen.

Gewichtszahlen.

Holzart	frei; volles Licht	Lücke im 100jähr. Buchenbestand; Oberlicht	100jähr. Buchen; Südlicht	100jähr. Buchen; Nordlicht	Im Innern von 100jähr. Buchen; voller Schluß	Im Innern von 40jähr. Tannen; voller Schluß
	1	2	3	4	5	6
Fichte	100	32	29	29	15	5
Föhre	100	23	15	15	—	—
Bergföhre . . .	100	9	9	9	2	2
Schwarzföhre .	100	—	8	6	4	—
Lärche	100	7	3	4	—	—
Tanne	100	133	133	117	50	17
Eibe	100	350	100	50	—	50
Bankskiefer . .	100	—	—	3	2	—
Weymouthskiefer . . .	100	—	12	7	4	—
Douglasfichte .	100	34	20	15	2	—
Sitkafichte . .	100	52	30	37	19	—
Akazie	100	—	17	3	6	—
Bergahorn . . .	100	80	17	17	9	3
Birke	100	3	4	1	—	—
Buche	100	6	—	3	1	—
Esche	100	100	21	29	14	14
Kirschbaum . .	100	67	44	22	—	—
Linde	100	100	100	50	50	50
Schwarzerle . .	100	12	3	3	2	—
Stieleiche . . .	100	32	11	5	5	—
Traubeneiche .	100	52	16	8	8	4
Ulme	100	168	100	20	16	8

In Tabelle 3 werden der Kürze halber nur die Verhältniszahlen angeführt. Das Gewicht der im Freien erzogenen Pflanzen ist je = 100 gesetzt.

Wo in einer Spalte ein Eintrag fehlt, ist die betreffende Holzart nicht gepflanzt worden oder vor der Untersuchung dürr geworden. Letzteres war bei sehr vielen Holzarten in dem dichten Schatten des 40 jährigen Tannenbestandes der Fall.

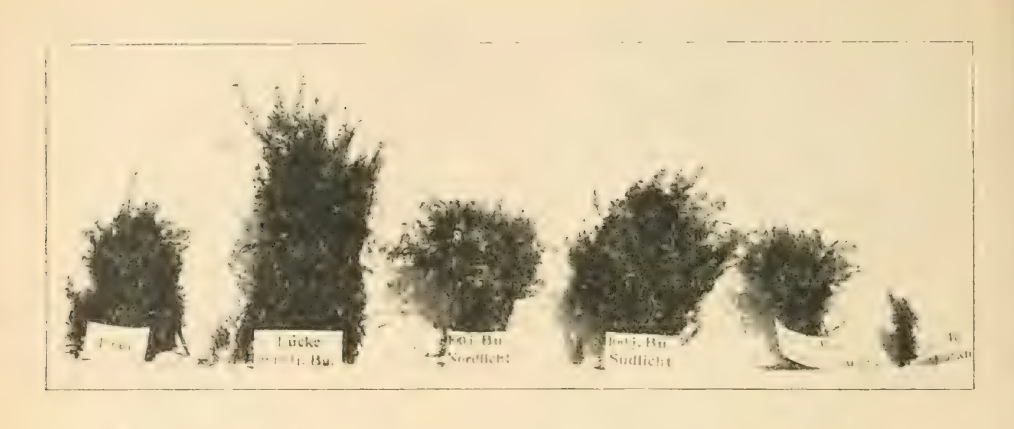
2. Die Beschattung der Pflanzen in einer 22,6 m langen und 11,8 m breiten, von West nach Ost laufenden Lücke im 100 jährigen Buchenbestande (Nr. 2 in Tabelle 3) setzt die Produktion schon sehr bedeutend — von 100 auf 50—30—10 — herab. Eine Ausnahme machen beim Nadelholz Tanne und Eibe, beim Laubholz Esche, Linde und Ulme. Der Abschluß des Oberlichts (Nr. 3—6 der Tabelle) bringt weiteres Sinken der Produktion. Wird Vorderlicht von Süden wirksam, so ist das Wachstum bei den meisten Holzarten höher, als wenn nur Nordlicht einfällt. Unter 10 % der bei vollem Licht erzeugten Masse sinkt die Produktion im Innern des Buchen- und im Innern des Tannenbestandes.

Die beigegebenen Abbildungen zeigen das Verhältnis noch viel deutlicher, als die Zahlenreihen. Die Bündel bestehen aus den 6- bezw. 7 jährigen Pflanzen, die in den einzelnen Lichtgraden aus je 5 Reihen ausgeschnitten wurden.



Fichte

Abbildung 1.



a b d e f

W e i ß t a n n e

Frei Lücke Nordlicht Südlicht Buchenschluß Tannenschluß

Abbildung 2.

a b c d

F ö h r e

Frei Lücke Südlicht Nordlicht

Abbildung 3.

Lärche a Frei b Lücke c Südlicht d Nordlicht

Abbildung 4.



Bergföhre Frei b Lücke c Südlicht d Nordlicht e Buchenschluß

Abbildung 5.



a b c d
Buche
Frei Lücke Nordlicht Buchenschluß
Abbildung 6.



a b c d e
Stieleiche
Frei Lücke Südlicht Buchenschluß Tannenschluß
Abbildung 7.



a Frei | b Lücke | c Südlicht | d Nordlicht | e Buchenschluß | f Tannenschl.

Bergahorn

Abbildung 8.



a b c d e

Schwarzerle

Frei Lücke Südlicht Buchenschluß Nordlicht

Abbildung 9.



a Frei — b Lücke — c Südlicht — d Nordlicht

Birke

Abbildung 10.

§ 36. Versuche mit Beschattung durch Lawsons-Cypressen.

a) Pflanzung vom Frühjahr 1904.

1. Im Versuchsgarten Großholz bei Tübingen; frei auf einer Anhöhe gelegen. Unterste Schichte des schwarzen Jura. Toniger Lehmboden. Die Versuchsbeete sind durchweg eben.

Im Jahre 1904 wurden reihenweise Lawsons-Cypressen von 2—3 m Höhe gepflanzt: eine Reihe von Nord nach Süd und eine Reihe von Ost nach West. Da die Cypressen eine sehr dichte Krone haben, da ferner ihre Seitenäste sehr kurz bleiben, so war diese Holzart für den Versuch besonders geeignet. Auf eine Länge von 22 m hin waren links und rechts 3 m lange, 1 m breite Beete angelegt, welche mit verschiedenen Holzarten bepflanzt wurden. Unmittelbar nebenan befanden sich als Vergleichsflächen je ein Beet ohne Beschattung.

Ferner wurden zwei je 1 a große Flächen rings mit Cypressen bepflanzt; im Innern waren ebenfalls 3 qm große Versuchsbeete angelegt.

Es waren also zum Zweck des Versuches folgende Lichtgrade hergestellt worden: 1. Volles Licht, 2. Vorderlicht von Ost, 3. von West, 4. von Süd, 5. von Nord, 6. nur Oberlicht mit Abschluß des Vorderlichtes.

Die zum Versuch bestimmten Pflanzen wurden teils 1-, teils 2jährig im März und April 1904 in die Beete eingesetzt.

Im Februar 1910, also nach 6 Jahren, wurde je die Hälfte der Pflanzen ausgeschnitten und grün gewogen. Die andere Hälfte der Pflanzen zu weiteren Versuchen mit der Wurzel ausgehoben; eine Wägung auch dieser Pflanzen wäre wegen der an den Wurzeln haftenden Erde zu ungenau geworden, weshalb von einer solchen Umgang genommen wurde.

Tabelle 4.

Versuche mit Beschattung durch Lawsons-Cypressen im Versuchsgarten Großholz.

Holzart	Volles Licht	Nur Oberlicht	Holzart	Volles Licht	Nur Oberlicht
	1	6		1	6
Gewicht der Pflanzen. Verhältniszahlen.					
Fichte	100	66	Akazie	100	62
Föhre	100	18	Bergahorn	100	117
Schwarzföhre . .	100	40	Buche	100	119
Weymouthskiefer	100	188	Esche	100	54
Lärche	100	30	Stieleiche	100	120
Tanne	100	83	Traubeneiche . .	100	59
			Ulme	100	38

Durch Entziehung von Vorderlicht sinkt — mit einigen Ausnahmen, die hauptsächlich beim Laubholz sich finden — die Produktion auf 50—40 % herab. Diese Ausnahmen sind nicht so aufzufassen, als ob bei ausschließlichem Oberlicht die stärkere Produktion stattfinde; durch irgend einen Zufall kann das Wachstum einer Holzart im vollen Licht geringer sein, so daß die Vergleichszahl (100) zu niedrig ist.

b) Saaten vom Frühjahr 1909.

2. Auf beiden Seiten der unter a beschriebenen, von West nach Ost und von Süd nach Nord gepflanzten Reihen von *Chamaecyparis Lawsoniana* wurden 1909

Vollsaaten ausgeführt. Der Versuch ist (1912) noch nicht abgeschlossen, so daß noch keine Gewichtszahlen mitgeteilt werden können. Es wurde aber eine Schätzung nach dem gesamten Wachstum vorgenommen und je Ost und West, bez. Süd und Nord mit einander verglichen. Das Beet mit den kräftigeren Pflanzen und überhaupt der besseren Entwickelung wurde in die Klasse I eingereiht; war dies bei Ost oder Süd der Fall, so ergibt sich von selbst, daß dann die Gegenseite (West oder Nord) in die Klasse II fiel. Es genügt deshalb die Mitteilung der Zahlen für die Süd- und die Ostseite.

Die Schätzungen wurden im Herbst 1909, 10, 11 und 12 aus Reihen vorgenommen, so daß von jedem Beete 4 Wertzahlen gewonnen wurden.

Tabelle 5.
Vollsaaten vom Frühjahr 1909 im Versuchsgarten Großholz.
Einreihung in Klassen.

Holzart	Südseite				Ostseite			
	1909	1910	1911	1912	1909	1910	1911	1912
1. Fichte	1	1	2		1	1	1	
2. Föhre	1	1	1		2	2	2	
3. Schwarzföhre	1	1	1		1	1	1	
4. Bergföhre	1	1	1		1	1	1	
5. Lärche	2	2	2		1	1	1	
6. Tanne	2	2	2		1	1	2	
7. Weymouthsföhre	—	—	—		1	1	2	
8. Arve (gepflanzt)	—	—	—		1	1	1	

Holzart	Südseite				Ostseite			
	1909	1910	1911	1912	1909	1910	1911	1912
Bergahorn	1	2	2		2	1	1	
Spitzahorn	2	2	1		1	1	1	
Birke	1	1	1		1	1	1	
Buche	2	2	2		2	1	1	
Esche	2	2	2		1	1	2	
Hainbuche	1	1	1		1	1	1	
Schwarzerle	2	2	2		1	1	1	
Weißerle	—	—	—		1	1	1	
Stieleiche	1	1	1		2	1	1	
Traubeneiche	1	1	1		1	1	1	
Ulme	1	1	1		1	1	1	

Nimmt man die 4 Schätzungen zusammen, so erscheint die

	Ostseite		Westseite		Südseite		Nordseite	
	in der Klasse							
	I	II	I	II	I	II	I	II
bei Nadelholz	19 mal	5 mal	5 mal	19 mal	11 mal	7 mal	7 mal	11 mal
bei Laubholz	29 mal	4 mal	4 mal	29 mal	17 mal	13 mal	13 mal	17 mal
Zusammen	48 mal	9 mal	9 mal	48 mal	28 mal	20 mal	20 mal	28 mal

Die Ost- und Südseiten haben also eine bessere Entwickelung, als die West- und Nordseiten. Der Unterschied tritt bei den Ost- und Westseiten stärker hervor, als bei den Süd- und Nordseiten; ebenso beim Nadelholz stärker, als beim Laubholz. An Ort und Stelle lassen sich die Unterschiede mit einem Blick übersehen. Die Reihenfolge des 1. Jahres ist mit ganz wenigen Ausnahmen auch im 2. und 3. Jahre vorhanden.

3. Auf vorstehende Weise erhalten wir nur Aufschluß über das Verhältnis des Wachstums je bei Ost- und West-, bezw. Süd- und Nordlicht. Um noch einen Einblick in das Verhältnis der Produktion bei allen vier Lichtgraden zu erhalten, wurde 1911 die Schätzung weiter ausgedehnt und die 4 Lichtarten miteinander verglichen. Die bestentwickelten Beete jeder Holzart wurden in die I. Klasse eingesetzt, die nächstbesten in die II. Klasse u. s. f.

Das Gesamtergebnis ist folgendes:

	Gesamtszahl der Werte	Hievon entfallen auf die			
		Südseite	Nordseite	Ostseite	Westseite
I. Klasse . .	37	11	8	17	1
II. Klasse . .	38	6	11	11	10
III. Klasse . .	32	8	9	10	5
IV. Klasse . .	32	7	4	0	21

Auf den Süd- und Ostseiten erwachsen die höchsten organischen Massen.

Wie unten gezeigt werden wird, führen Saaten auf verschiedenen Expositionen zu einem ähnlichen Resultate. Die O-, SO-, S- und SW-Expositionen haben die schöneren Pflanzen aufzuweisen.

Alle diese Ergebnisse beziehen sich auf Pflanzen von 5—6 Jahren. Im späteren Alter beginnen die Unterschiede geringer zu werden, sogar ganz zu verschwinden (vergl. insbesondere unten Saatzeit und Pflanzzeit). Im Herbste 1913 ist bei einigen Holzarten bereits eine Änderung zu bemerken. Der Versuch wird daher fortgesetzt.

§ 37. Versuche mit Beschattung durch Fichten und Eschen im Versuchsgarten Adlisberg bei Zürich.

1. Gletscherschutt. Toniger Lehm. Fast eben. 676 m ü. M. —

Die verschiedenen Lichtgrade mit Vorderlicht wurden 1888 durch eine Reihe gepflanzter, ca. 1,5—2 m hoher Fichten, der Entzug von Oberlicht durch gepflanzte, ca. 2 m hohe Eschen hergestellt. Die Untersuchung wurde 1895 abgeschlossen.

Ein Beet mit vollem Licht konnte in unmittelbarer Nähe nicht angelegt werden. Zur Vergleichung mit der Produktion im vollen Lichte fehlen also die nötigen Angaben. Als Vergleichsgröße wurde die Produktion bei Südlicht — dem stärksten Lichtgrade — in der folgenden Übersicht gewählt. Die Abstufung der Lichtgrade ist aus dem Kopf der Tabelle 6 ersichtlich.

In den 2 m langen Beeten mit Vorderlicht waren unmittelbar an der gepflanzten Fichtenreihe die Pflanzen auf etwa 1 m Entfernung mehr oder weniger im Wachstum zurückgeblieben. Es wurden deshalb nur die Gewichte des zweiten, 1 m von der Fichtenreihe entfernten Beetes mit gleichmäßig entwickelten Pflanzen berücksichtigt. Gegenüber den weiteren Lichtgraden sind also die Zahlen für das Vorderlicht etwas zu hoch.

Da zur Vergleichung nicht die Produktion bei vollem Licht gewählt werden konnte, ist keine sehr große Regelmäßigkeit in der Abstufung der Produktion bei den einzelnen Lichtgraden zu erwarten; gleichwohl können die relativen Ergebnisse einiges Interesse beanspruchen.

Bezüglich der Verhältniszahlen zu Südlicht vergl. § 36, 1 am Schlusse.

Tabelle 6.

Versuche mit Beschattung durch Fichten und Eschen.

Holzart	Mit Vorderlicht				Nur mit Oberlicht ohne Vorderlicht	Nur mit Vorderlicht ohne Oberlicht	Oberlicht und Vorderlicht abgeschlossen
	von Süden	von Osten	von Westen	von Norden			
Gewicht der Pflanzen. Verhältniszahlen.							
Arve	100	83	106	63	59	141	46
Fichte	100	118	69	117	71	28	31
Föhre	100	95	51	47	45	27	15
Bergföhre	100	67	121	90	61	52	16
Schwarzföhre . .	100	95	89	81	106	43	26
Weymouthsföhre .	100	168	122	100	43	39	38
Lärche	100	80	60	86	72	24	15
Tanne	100	186	208	146	202	166	62

Holzart	Mit Vorderlicht				Nur mit Oberlicht	Nur mit Vorderlicht	Oberlicht und Vorderlicht abgeschlossen
	von Süden	von Osten	von Westen	von Norden			
Birke	100	174	128	79	36	92	27
Buche	100	214	167	140	89	55	46
Eiche	100	96	87	65	57	19	21
Esche	100	88	68	94	7	13	5
Hainbuche	100	114	92	69	51	33	27
Kastanie	100	143	96	136	47	31	50
Linde	100	135	166	56	38	33	19
Schwarzerle . . .	100	88	98	113	85	18	22

2. Im Durchschnitt ergibt sich bei verschiedenen Lichtgraden folgendes Verhältnis der Produktion:

	Bei Vorderlicht von				Nur mit Oberlicht	Nur mit Vorderlicht ohne Oberlicht	Oberlicht und Vorderlicht abgeschlossen
	Süden	Osten	Westen	Norden			
Nadelholz	100	111	103	91	82	65	31
Laubholz	100	131	113	94	51	37	27
Zusammen	100	121	108	92	67	51	29

Durch stärkeren Lichtentzug (Nr. 5—7) wird die Produktion bei Nadel- und Laubholz sehr stark herabgesetzt; das Laubholz erscheint hiegegen noch empfindlicher zu sein, als das Nadelholz. Bei Vorderlicht von Norden wird die Produktion um 8 % vermindert. Westlicht und Südlicht sind wenig von einander verschieden. Bei Ostlicht zeigt Nadelholz wie Laubholz die höchste Produktion.

§ 38. Versuche mit Deckgittern.

a) Versuchsgarten Adlisberg bei Zürich.

1. Die Ergebnisse der Lichtversuche, die mit Deckgittern 1893—97 im Versuchsgarten Adlisberg angestellt wurden, hat Badoux zusammengestellt[1]). Die Pflanzen waren am 12. April 1893 teils 1-, teils 2 jährig im Versuchsgarten eingepflanzt worden. Neben einem freien Beete wurden je 3 Beete mit Deckgittern belegt, durch welche $^1/_4$, $^1/_2$, $^2/_3$ des Lichtes abgeschlossen wurde. Die Nadelhölzer wurden am Ende des Vegetationsjahrs 1897 gemessen; da die Laubhölzer so hoch geworden waren, daß die Gitter wegen des Windes nicht mehr gehalten werden konnten, mußte der Versuch bei diesen 1896 abgeschlossen werden.

Zur Vergleichung dient die mittlere Höhe, da eine Gewichtsermittlung nicht stattgefunden hat. In der folgenden Übersicht sind nur die Prozentzahlen eingesetzt. Die Höhe der frei erwachsenen Pflanzen ist je = 100 gesetzt.

2. Im Durchschnitt ergeben sich für 1897 und 1896 folgende Verhältniszahlen:

Frei	$^1/_4$ beschattet	$^1/_2$ beschattet	$^2/_3$ beschattet
100	99	91	73
Läßt man die Hainbuche, Linde und Ulme weg:			
100	92	82	60
und für die Nadelhölzer allein nach der durchschnittlichen Höhe:			
100	95	83	57
nach den Durchmessern über dem Boden:			
100	80	68	48

Die Produktion nimmt, jedoch nicht proportional, fast ohne Ausnahme mit dem stärkeren Entzug des Lichtes ab. Das abweichende Verhalten von Hainbuche, Linde und Ulme muß durch weitere Versuche geklärt werden.

Der Lichtentzug macht sich bereits im 1. Jahre nach der Pflanzung geltend, tritt aber im 2.—4. Jahr immer stärker hervor. So sinkt bei der Beschattung von $^2/_3$ die Föhre im 1. Jahr auf 63, dann auf 51, 48, 38 % herab; ähnlich die Tanne, während bei der Fichte das Verhältnis ziemlich gleich bleibt.

b) Versuchsgarten Großholz bei Tübingen.

3. Im Frühjahr 1904 wurden die unten aufgeführten Holzarten 1- oder 2 jährig gepflanzt und alsbald mit hölzernen Deckgittern so beschattet, daß je ¼, ½, ¾ des Lichtes abgeschlossen war. Zur Vergleichung wurde je ein Beet frei gelassen. Im Frühjahr 1907 waren die Laubhölzer so herangewachsen, daß die Deckgitter entfernt werden mußten; bei den Nadelhölzern geschah dies im Frühjahr 1908. Im Herbste 1908 wurde je die Hälfte der 10 Pflanzenreihen (1, 3, 5, 7, 9) ausgeschnitten; die Pflanzen wurden grün gewogen.

---

[1]) Mitteilungen der schweizerischen Centralanstalt für f. Vers. 6, 29 (1898).

Tabelle 7.

Versuche mit Deckgittern im Versuchsgarten Adlisberg.

Holzart	Vom vollen Licht sind entzogen	Die Höhe der Pflanzen beträgt von der Höhe der frei erwachsenen				Der Durchmesser über dem Boden beträgt 1897
		1894	1895	1896	1897	
		%	%	%	%	%
Tanne	2/3	88	86	72	63	67
	1/2	103	105	97	95	86
	1/4	107	116	113	107	83
Schwarzföhre	2/3	82	50	41	45	45
	1/2	110	87	76	75	71
	1/4	103	95	85	97	84
Legföhre	2/3	75	68	64	52	
	1/2	86	85	88	85	
	1/4	88	106	102	98	
Fichte	2/3	86	84	90	86	59
	1/2	83	86	95	100	73
	1/4	91	95	95	89	78
Föhre	2/3	63	51	48	38	27
	1/2	95	59	62	70	56
	1/4	96	82	85	84	67
Lärche	2/3	76	74	69	61	42
	1/2	83	78	76	75	55
	1/4	94	92	94	95	86
Esche	2/3	59	65	65		
	1/2	77	87	82		
	1/4	76	83.	82		
Hainbuche	2/3	132	114	112		
	1/2	129	135	126		
	1/4	133	132	132		
Buche	2/3	94	73	68		
	1/2	83	70	78		
	1/4	81	89	89		
Großbl. Linde . . .	2/3	121	114	111		
	1/2	126	117	119		
	1/4	116	122	121		
Ulme	2/3	117	113	104		
	1/2	112	113	102		
	1/4	122	114	107		

Die übrigen fünf Reihen wurden belassen. Es soll noch einige Jahre beobachtet werden, wie das spätere Wachstum von Pflanzen sich gestaltet, die 1- oder 2 jährig verschiedener Beschattung ausgesetzt waren. Zunächst folgt die Zusammenstellung der Gewichtsermittelungen der Pflanzen von je 5 Reihen; es sind, wie oben, nur die Verhältniszahlen angeführt.

Tabelle 8.

Versuch mit Deckgittern im Versuchsgarten Großholz.

Holzart	Volles Licht	Vom vollen Licht ¼ durch Deckgitter abgeschlossen	Vom vollen Licht ½ durch Deckgitter abgeschlossen	Vom vollen Licht ¾ durch Deckgitter abgeschlossen
Gewicht der Pflanzen. Verhältniszahlen.				
Fichte	100	90	65	17
Bergföhre	100	60	51	26
Schwarzföhre	100	68	33	8
Weymouthsföhre	100	70	88	44
Lärche	100	80	75	42
Tanne	100	128	120	44
Birke	100	52	49	14
Buche	100	57	111	38
Esche	100	100	91	50
Hainbuche	100	89	62	19
Linde	100	97	80	44
Schwarzerle	100	88	80	56
Stieleiche	100	92	75	53
Traubeneiche	100	108	67	38

4. Im Durchschnitt ergeben sich folgende Verhältniszahlen:

bei vollem Licht	bei ¼ beschattet	bei ½ beschattet	bei ¾ beschattet
100	84	74	35

Bergahorn, Ulme und Föhre sind nicht aufgeführt, weil Störungen das Resultat unsicher machen; vielleicht ist eine solche auch bei der Buche vorhanden. Im großen Ganzen nimmt die Produktion mit der stärkeren Beschattung ab: anfangs langsam, aber schon bei ½ des Lichtes beträgt der Ausfall 26 %, bei der noch stärkeren Beschattung steigt der Ausfall auf 65 %.

Die Laubholzbeete sind nunmehr (1912) seit 5, die Nadelholzbeete seit 4 Jahren von den Deckgittern entblößt. Bis heute ist ein deutliches Sinken der Höhe der Pflanzen vom vollen Licht bis zum dichtesten Schatten vorhanden. Der Entzug von Licht in der frühesten Jugendperiode scheint das Wachstum für mehrere Jahre nach der Freistellung ungünstig zu beeinflussen.

§ 39. Versuche in einer Lücke im 100jährigen Buchenbestande.

1. In einem 100jährigen Buchenbestande des Staatswaldes Großholz — in der Nähe des Versuchsgartens — wurde im Jahre 1909 eine 25 m lange und 17 m breite Lücke gehauen. Die Längsseite liegt von Ost nach West, so daß die Sonne während des Tages über die Lücke hinläuft. Im Osten stößt ein Weg, dann ein

2—3 m hoher Jungwuchs an die Lücke. Die Sonne hat also schon morgens Zutritt. Die Belichtung von Osten bewirkt den Unterschied dieser Versuchsstelle von der in § 35 genannten Lücke. (1913 wurde unmittelbar nebenan eine weitere Lücke gehauen, von welcher das Ostlicht durch alte Buchen abgehalten ist). Schatten auf die Lücke wirft der nach Süden und nach Westen vorliegende alte Buchenbestand. Im Mai und Juni sind um 12 Uhr die Beete 8, 7 und der größte Teil von 6 (s. Tabelle 9) vollständig beschattet. Am längsten beleuchtet ist die nördliche Ecke der Beete 3 und 4. Die Stöcke der Buchen wurden gerodet, darauf die ganze Fläche umgegraben, verebnet, in 166 Beete zu je 2 qm eingeteilt.

Der Boden besteht aus Lehm des unteren Lias mit tonigem Untergrund. Die Fläche liegt auf der Terrasse eines westlichen Hanges.

2. Am 21. April 1909 wurden Vollsaaten ausgeführt von 1. Fichten, 2. Tannen, 3. Föhren, 4. Lärchen, 5. Schwarzföhren, 6. Bergföhren, 7. Hainbuchen, 8. Eschen, 9. Spitzahorn, 10. Buchen, 11. Stieleichen, 12. Traubeneichen, 13. Bergahorn, 14. Schwarzerlen, 15. Weißerlen, 16. Birken, 17. Ulmen. In der westlichen Ecke wurden die Saaten von Fichten, Tannen, Föhren, Lärchen wiederholt. Die Anordnung der Beete und die Abstufung der Lichtgrade ist aus der nachstehenden Tabelle 9 a—c zu ersehen, die zugleich die topographische Lage der Beete wiedergibt.

Von der Keimung an wurden regelmäßige Aufschriebe über die Entwickelung der Pflanzen gemacht. Im Herbste wurden die Höhen ermittelt und die Beete je nach dem Stande der Pflanzen mit Ordnungsnummern versehen.

3. Mäuse und Eichhörnchen haben da und dort einen Teil des Samens aufgezehrt. Schlimmer war der Einfluß der Dürre von 1911, der am Nordrand der Lücke durch die intensive Besonnung und Erwärmung von Süden her zahlreiche Pflanzen zum Opfer fielen. Die Zahl der Keimlinge ist dort bedeutend verringert. Aber schon bei der Keimung war die Zahl der Keimlinge auf den Beeten mit einfallendem Südlicht geringer, als auf den von Süden her beschatteten Beeten. Die zahlreichsten Keimlinge und das beste Wachstum waren 1909 und 1910 bei den in der Mitte der Lücke liegenden Beeten zu bemerken. Auf diese entfielen mit geringen Ausnahmen die Ordnungszahlen 1—4.

Bei einfallendem Südlicht keimten die Samen etwa 4 Tage früher, als bei Nordlicht.

4. In der Tabelle ist der Stand der 5jährigen (von den erst nach 1 Jahr keimenden Samen 4jährigen) Pflanzen eingetragen. Zunächst ist die Zahl der 1913 noch vorhandenen Pflanzen angegeben, wie sie auf Grund von Zählung oder Schätzung sich ergibt. Sodann ist die durchschnittliche Höhe der Pflanzen eingesetzt, soweit eine solche festgestellt werden konnte. Endlich soll die Höhe der höchsten Pflanzen noch einen Anhalt für die Beurteilung des Wachstums geben.

Es bedarf kaum der Bemerkung, daß auf abgeholztem Waldboden nicht die Gleichmäßigkeit der oberen Bodenschichten, wie im Versuchsgarten hergestellt werden kann. Es muß dies als unvermeidlicher Fehler bei solchen Untersuchungen betrachtet werden. Da die Unterschiede in der Entwickelung der Pflanzen sehr deutlich hervortreten, so ist für das Gesamtergebnis dieser Fehler von keinem entscheidenden Einfluß.

Für das Verständnis der Tabelle sind links am Rande derselben nähere Bezeichnungen für die einzelnen Beetreihen angefügt.

5. Die größte Pflanzenzahl ist 1913, mit einzelnen Ausnahmen, in den um die Mitte der Lücke gelegenen Beeten vorhanden. In den Beeten gegen die Nordseite, wo die Dürre viele tötete, wie in den Beeten gegen die beschattete Südseite der Lücke nimmt die Pflanzenzahl bei den meisten Holzarten ab. Die Annäherung an den beschatteten Waldrand macht sich deutlich bemerkbar.

Wie stark die Pflanzenzahl sinkt, wenn die Beete unter den Ästen liegen, zeigen die Beete 9, 10, auch 1, 2. Ein Teil der Keimlinge ist abgestorben; es hatten aber überhaupt in diesen stark beschatteten Beeten weniger Samen gekeimt, wie die Aufschriebe von 1909 dartun.

Je stärker die Beschattung ist, um so geringer ist die Zahl der keimenden Samen und der lebensfähigen Keimlinge. Durch verschieden stark beschattende Deckgitter ist dies experimentell nachgewiesen. Übrigens wird der Einfluß des Lichtes auf die Keimung der Samen auch von den Pflanzenphysiologen[1]) hervorgehoben.

6. Die durchschnittlich höchsten Pflanzen stehen in der Mitte der Lücke (oben offen); und zwar bei fast allen Holzarten (Unterschiede von wenigen cm dürfen nicht zu sehr betont werden). Wegen der Dürre können die Beete 5, 4, 3 nicht zur Vergleichung herangezogen werden. In den Beeten mit der stärkeren Beschattung sinkt der Höhenwuchs um 20—30, selbst 40—50 %.

7. Außer der durchschnittlichen Höhe aller Pflanzen wurde auch diejenige der absolut höchsten Pflanzen erhoben. Diese letztere zeigt, welche Höhe bei bestimmten Lichtgraden im günstigsten Falle erreicht wurde. Auch die Maximalhöhen sinken mit der zunehmenden Beschattung auf der Südseite der Lücke.

Auf der stark belichteten und erwärmten, also trockeneren Nordseite, stehen die höchsten Pflanzen bei einigen Holzarten denjenigen in den feuchteren Beeten nicht nach. Die Einwirkung der Dürre von 1911 scheint allmählich zu verschwinden.

8. Die hier dargestellten Wachstumsverhältnisse lassen sich an Ort und Stelle mit einem Blick übersehen. Die höchsten Pflanzen der Beete um die Mitte treten scharf hervor. Ebenso fällt der plötzliche Nachlaß des Höhenwachstums gegen den beschattenden Bestand auf der Südseite in die Augen. Letztere Erscheinung

---

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie ²II, 105. Cieslar, Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes auf die Keimung der Samen, in Wollny, Forschungen 6, 270 (1883).

Kinzel, Frost und Licht als beeinflussende Faktoren der Keimung. 1912.

Die Versuche sind nicht mit Holzsamen angestellt worden. Die Ergebnisse der Untersuchung werden aber auch auf diese angewendet werden können. Bei den Versuchen können die Faktoren Licht, Wärme und Feuchtigkeit getrennt werden, im Walde ist dies nicht möglich. Aus Cieslars Abhandlung mögen folgende Ergebnisse besonders hervorgehoben sein: Die Einwirkung des Lichtes ist bei verschiedenen Samen verschieden. Das außerordentlich gleichmäßige Aufgehen der Samen im weißen Lichte spricht zweifellos für die günstige Wirkung des Lichtes beim Keimakte. Die Keimungsenergie wird bei kleinen Samen durch das Licht erhöht.

Die Ursachen der besseren Keimung im Lichte faßt Cieslar dahin zusammen:

a) daß das Licht günstig wirke durch seine Umsetzung in Wärme;

b) daß die bessere Keimung im Lichte eine Folge der besseren Assimilation sei;

c) daß das Licht den Keimakt begünstigt und das spätere Gedeihen der Pflanzen dadurch erleichtert, daß es eine bessere Bewurzelung bewirke;

d) daß die reichliche Bildung osmotisch wirksamer Substanzen in Lichtkeimlingen eine Begünstigung der Keimung im Lichte bedeute.

Die geringe Keimung der Samen in den Beeten 1, 2, 9, 10 mit schwachem Lichte bestätigt Cieslars Ergebnisse. Nach den Aufschrieben von 1909 waren die Keimlinge in den vom Südlicht getroffenen Beeten 3, 4 weit besser entwickelt, als in den weniger belichteten 6, 7, 8; — ebenfalls eine Bestätigung der Sätze Cieslars.

Tabelle 9a.

Lichtversuch in einer Lücke des 100jährigen Buchenbestandes Staatswald Großholz. Buchenbestand. Nordseite der Lücke. Mit Südlicht.

1. Zahl der 1913 vorhandenen Pflanzen.

Nord

	Birke	Schwarz-Erle	Berg-Ahorn	Trauben-Eiche	Stiel-Eiche	Buche	Lärche	Föhre	Tanne	Fichte	
1. Beete unter vollem Schluß der Buchen.	—	—	80	70	2	—	—	1	10	—	1.
2. Randbeete; ganz unter den Ästen mit Südlicht.	—	—	50	25	2	—	—	10	—	6	2.

B u c h e n b e s t a n d — West / Ost

	Lärche	Föhre	Tanne	Fichte	Ulme	Birke	Weiß-Erle	Schw.-Erle	Berg-Ahorn	Traub.-Eiche	Stiel-Eiche	Buche	Spitz-Ahorn	Esche	Hain-Buche	Berg-Föhre	Schw.-Föhre	Lärche	Föhre	Tanne	Fichte	
3. Beete 3,5 m vom nördl. Bestandesrand; noch einzelne Äste ragen herein; mit Südlicht u. Oberlicht.	—	100	7	100	25	—	—	—	70	6	8	20	10	250	80	70	80	10	100	20	150	3.
4. Beete 5—6 m vom nördl. Bestandesrand; oben offen.	8	100	19	100	20	1	—	50	120	60	10	25	15	700	350	150	100	20	1 0	15	150	4.
5. Mitte der Lücke frei; 8 m vom nördlichen, 11 m vom südlichen Bestandesrand	60	150	23	120	45	—	—	120	250	100	18	60	20	600	1000	150	100	20	150	15	80	5.
6. Mitte der Lücke frei; 8 m vom südl., 11 m vom nördl. Bestandesrand.	20	90	15	500	250	6	50	200	100	120	50	60	20	700	800	150	120	150	120	50	1000	6.
7. Beete 5–6 m vom südlichen Bestandesrand; oben offen.	10	90	35	600	250	1	80	250	100	150	70	1	18	800	700	150	100	90	150	45	1000	7.
8 Beete 3,5 m vom südl. Bestandesrand; noch einzelne Äste ragen herein; mit Nordlicht u. Oberlicht.	20	130	60	400	50	1	15	100	300	20	40	15	12	800	300	100	100	150	120	100	600	8.

	Birke	Schwarz-Erle	Berg-Ahorn	Trauben-Eiche	Stiel-Eiche	Buche	Lärche	Föhre	Tanne	Fichte	
9. Randbeete; noch unter den Ästen; mit Nordlicht.	—	—	200	8	12	5	20	20	80	600	9.
10. Beete unter dem vollen Schluß.	—	—	130	3	3	2	—	5	50	35	10.

Südseite der Lücke mit Nordlicht

Süd

Tabelle 9b.

Lichtversuch in einer Lücke des 100 jährigen Buchenbestandes. Staatswald Großholz.
Nordseite der Lücke. Mit Südlicht.

2. Durchschnittliche Höhe der 5- bzw. 4-jährigen Pflanzen (cm).

Nord

Beete	Lärche	Föhre	Tanne	Fichte	Ulme	Birke	Weiß-Erle	Schw.-Erle	Berg-Ahorn	Traub.-Eiche	Stiel-Eiche	Buche	Spitz-Ahorn	Esche	Hain-Buche	Berg-Föhre	Schw.-Föhre	Lärche	Föhre	Tanne	Fichte	Nr.
1. Beete unter vollem Schluß der Buchen.		—		—		10		17		—		—		—		—		10		—		1.
		Birke ↕		Schwarz-Erle ↕		Berg-Ahorn ↕		Trauben-Eiche ↕		Stiel-Eiche ↕		Buche ↕		Lärche ↕		Föhre ↕		Tanne ↕		Fichte ↕		
2. Randbeete; ganz unter den Ästen mit Südlicht.		—		—		10		20		—		—		—		28		—		20		2.
3. Beete 3,5 m vom nördl. Bestandesrand; noch einzelne Äste ragen herein; mit Südlicht u. Oberlicht.	—	30	—	15	24	—	—	—	14	—	20	42	20	15	15	25	25	40	55	25	28	3.
4. Beete 5—6 m vom nördl. Bestandesrand; oben offen.	—	32	18	16	25	—	—	70	48	45	35	45	25	45	32	32	30	28	46	17	30	4.
5. Mitte der Lücke frei; 8 m vom nördlichen, 11 m vom südlichen Bestandesrand.	30	35	18	18	18	—	—	110	65	45	48	48	35	55	30	35	28	25	45	15	35	5.
6. Mitte der Lücke frei; 8 m vom südl., 11 m vom nördl. Bestandesrand.	18	30	17	24	45	—	85	120	80	65	60	55	35	45	40	42	40	50	45	20	35	6.
7. Beete 5—6 m vom südlichen Bestandesrand; oben offen.	20	28	25	32	50	—	110	120	55	65	60	—	30	60	40	36	38	45	55	25	36	7.
8. Beete 3,5 m vom südl. Bestandesrand, noch einzelne Äste ragen herein; mit Nordlicht u. Oberlicht.	13	20	16	28	20	—	65	65	35	40	55	30	10	35	25	20	30	35	35	17	30	8.
9. Randbeete noch unter den Ästen; mit Nordlicht.		—		—		12		—		30		—		12		17		15		20		9.
		Birke ↕		Schwarz-Erle ↕		Berg-Ahorn ↕		Trauben-Eiche ↕		Stiel-Eiche ↕		Buche ↕		Lärche ↕		Föhre ↕		Tanne ↕		Fichte ↕		
	Südseite der Lücke. Mit Nordlicht.																					
10. Beete unter dem vollen Schluß.		—		—		10		—		—		—		—		—		10		10		10.

West — Ost — Süd

Buchenbestand

Tabelle 9c.

Lichtversuch in einer Lücke des 100jährigen Buchenbestandes. Staatswald Großholz. Nordseite der Lücke. Mit Südlicht.

3. Maximum der Höhe (cm)

Nord

Buchenbestand (West)	Lärche	Föhre	Tanne	Fichte	Ulme	Birke	Weiß-Erle	Schw.-Erle	Berg-Ahorn	Traub.-Eiche	Stiel-Eiche	Buche	Spitz-Ahorn	Esche	Hain-Buche	Berg-Föhre	Schw.-Föhre	Lärche	Föhre	Tanne	Fichte	(Ost)
1. Beete unter vollem Schluß der Buchen.		—		—		18		28		22		—		—		10		18		—		1.
		Birke ↕		Schwarz-Erle ↕		Berg-Ahorn ↕		Trauben-Eiche ↕		Stiel-Eiche ↕		Buche ↕		Lärche ↕		Föhre ↕		Tanne ↕		Fichte ↕		
2. Randbeete; ganz unter den Ästen mit Südlicht.		—		—		18		27		20		—		—		41		—		28		2.
3. Beete 3,5 m vom nördl. Bestandesrand; noch einzelne Äste ragen herein; mit Südlicht u. Oberlicht.	—	40	19	18	32	—	—	—	21	24	31	55	28	32	24	33	41	59	69	35	41	3.
4. Beete 5—6 m vom nördl. Bestandesrand; oben offen.	26	52	23	26	35	40	—	119	72	65	55	59	32	75	48	42	43	41	63	27	47	4.
5. Mitte der Lücke frei; 8 m vom nördlichen, 11 m vom südlichen Bestandesrand.	46	58	26	27	28	—	—	171	114	67	67	63	52	71	54	46	42	42	76	30	42	5.
6. Mitte der Lücke frei; 8 m vom südl., 11 m vom nördl. Bestandesrand.	24	60	31	45	57	104	180	211	140	117	103	81	73	72	57	63	53	85	65	28	62	6.
7. Beete 5-6 m vom südlichen Bestandesrand; oben offen.	31	36	33	47	83	34	202	192	98	86	80	43	61	97	58	46	52	68	70	37	46	7
8. Beete 3,5 m vom südl. Bestandesrand; noch einzelne Äste ragen herein; mit Nordlicht u. Oberlicht.	29	28	31	42	45	26	113	116	65	66	70	40	14	51	38	36	46	66	67	28	43	8.
9. Randbeete noch unter den Ästen; mit Nordlicht.		—		—		22		26		48		27		24		22		21		28		9.
Südseite der Lücke. Mit Nordlicht		Birke ↕		Schwarz-Erle ↕		Berg-Ahorn ↕		Trauben-Eiche ↕		Stiel-Eiche ↕		Buche ↕		Lärche ↕		Föhre ↕		Tanne ↕		Fichte ↕		
10. Beete unter dem vollen Schluß.		—		—		16		18		23		13		—		12		15		14		10.

Süd

ist uns schon in § 36 auf der Nordseite der Lawsons-Cypressen begegnet. In den Verjüngungsschlägen im Walde, in besamten Wind- und Schneebruchlücken, in den Verjüngungshorsten beim Fehmelschlagbetriebe läßt derselbe Vorgang sich überall beobachten.

Die Beschattung durch den im Süden stehenden Altbestand setzt das Wachstum der Pflanzen sehr bedeutend herab. Mit dem Anhieb von Norden ist ein bedeutender Zuwachsverlust verbunden. Der 23 m hohe Bestand übt 10 m weit vom Rande der Kronen einen deutlich hervortretenden, schädlichen Einfluß aus.

Die Pflanzen in der Mitte der Lücke, die am höchsten sich entwickelt haben, stehen hinter den gleich alten, im freien Versuchsgarten erzogenen nach Höhe und Astentwickelung erheblich zurück. Die schmalen Schläge von Norden her wirken auf die Bodenfeuchtigkeit erhöhend ein, vermindern aber die Wärme und die Beleuchtung. Die höhere Feuchtigkeit vermag den Ausfall an Zuwachs, der durch geringere Wärme und verminderten Lichtgenuß eintritt, nicht auszugleichen.

Jeder Bestand setzt das Wachstum der unmittelbar an ihn stoßenden jungen Pflanzen herab, aber je nach der Himmelsrichtung ist dieser Einfluß verschieden. Am stärksten ist er auf der N.-Seite eines Bestandes; dann folgen die West-, Süd-, Ostseite.

Die Anhiebe von Norden wirken schädigend auf den jungen Bestand ein, um so mehr, je schmäler sie sind und je länger die Pflanzen im Schatten belassen werden. Geringer wird der Schaden sein, wenn die Anhiebsstelle frei liegt, also Beleuchtung vom ganzen Himmelsgewölbe erhält. Das geringste Wachstum wird vorhanden sein, wenn ringsum stehendes altes Holz die Beleuchtung der Anhiebsstelle herabsetzt.

§ 40. Besprechung der vorstehenden Versuche.

1. Die Ergebnisse, zu denen die bisher mit jungen Pflanzen angestellten Versuche geführt haben, mögen zunächst kurz zusammengefaßt werden.

a) Das beste Wachstum wird erzielt im freien Stande, bei vollem Lichtgenuß.

b) Dann folgt das Wachstum in natürlichen oder künstlichen Bestandeslücken bei vollem oder fast vollem Oberlicht und sehr geschwächtem Vorderlicht.

c) Sehr gering ist das Wachstum bei stark vermindertem, oder fast vollständig abgeschlossenem Oberlicht: unter dem dichten Kronendach der Bäume oder bei künstlicher Verminderung des Oberlichtes.

d) Das Vorderlicht, bei gleichzeitigem Abschluß oder bei beschränktem Zutritt des Oberlichtes, hat geringere Wirkung als das Oberlicht. Das Wachstum stuft sich ab nach der Himmelsgegend, aus welcher das Vorderlicht kommt. Am geringsten ist es bei Vorderlicht aus Nord. Die Reihenfolge der Himmelsgegenden nach dem Wachstum ist Ost, Süd, West, Nord.

e) Die Produktion organischer Substanz sinkt im tiefen Waldschatten bis auf 10 und 20 % herab. Sie wird mit der sinkenden Lichtmenge immer niedriger; aber diese Verminderung ist nicht genau proportional der Lichtmenge.

f) Diese allgemeinen Verhältnisse kehren nicht bei jeder einzelnen Holzart wieder. Die Eigentümlichkeiten der Holzarten, insbesondere die Fähigkeit, Schatten zu ertragen, führen kleine Abweichungen herbei.

2. Wie sind nun diese Versuche und ihre Ergebnisse zu beurteilen?

Wenn der Einfluß des Lichtes verschiedener Lichtarten und verschiedener Lichtgrade auf das Pflanzenwachstum festgestellt werden soll, muß

a) die Variation des sich verändernden Faktors, also des Lichtes, genau reguliert werden können;

b) ferner müssen alle anderen, auf das Wachstum einwirkenden Faktoren in den einzelnen Versuchsparzellen gleich sein.

Inwieweit diese Bedingungen in den vorliegenden Versuchen erfüllt waren und ob sie überhaupt bei Untersuchungen im freien Lande, im Gegensatz zu Laboratorien oder Gewächshäusern und Topfversuchen erfüllt werden können, soll nun kurz erörtert werden. Hiebei werden sich Bemerkungen über forstliche Versuche überhaupt von selbst ergeben.

3. Die Regulierung der Lichtgrade und Lichtarten ist a) durch hölzerne Deckgitter, oder b) durch zu diesem Zwecke gepflanzte Bäume vorgenommen worden. c) Im Walde selbst wird die Änderung der Lichtmenge und Lichtart durch Auswahl geeigneter Plätze unter veränderten Lichtverhältnissen zu erreichen gesucht. Die hölzernen Deckgitter gestatten eine sichere Abgrenzung der Lichtmengen durch engeren oder weiteren Abstand der Latten. Die Abstufung des Wachstums der Versuchspflanzen entspricht mit geringen Ausnahmen den hergestellten Lichtgraden.

Die Änderung des Ober- oder Vorderlichtes durch gepflanzte Baumreihen ist durch Bäume bewirkt worden, die anfangs etwa 2, später 4—5 m hoch waren. Die Höhenentwickelung und Dichtigkeit der Beastung ist nicht bei allen Bäumen vollständig gleich geworden; die Unterschiede sind jedoch so unbedeutend (übrigens gar nicht genau feststellbar), daß sie vernachlässigt werden können. Im geschlossenen Bestande ist die Lichtmenge und der Lichtgrad auf größeren Flächen niemals gleich. Die Messungen Ramanns über die Sonnenbilder etc. haben dies (§ 33) schon gezeigt. Auf eine hohe Genauigkeit dieser Versuche im Walde muß überhaupt verzichtet werden. Die Unterschiede im Wachstum bei verschiedenen Lichtgraden sind aber so groß, daß die Ungenauigkeit in der Abstufung des Lichtgenusses nur eine geringe, praktisch jedenfalls bedeutungslose Störung des Ergebnisses verursachen kann.

4. Die Schwankungen der Witterung nach Sonnenschein, Temperatur und Niederschlägen werden Abweichungen in der Entwickelung der Pflanzen mit sich bringen. Es ist heute aber noch ganz unmöglich,

diesen Einfluß genauer zu bestimmen. Er wird bei Beurteilung der Ergebnisse jedoch beachtet werden.

5. Alle Versuche dieser Art können

a) nur auf absolut und relativ kleinen Flächen angestellt werden, weil die Bedingungen der gleichmäßigen Bodenbeschaffenheit, gleichen Wassergehalts, gleicher Lage, gleichen Ober- und Untergrundes etc. auf größeren Flächen nicht zu finden sind. Die agrikulturchemischen und pflanzenphysiologischen Versuche werden in Töpfen oder auf nur 1 qm großen Versuchsbeeten angestellt, wobei sog. Feldversuche auf größeren Flächen manchmal nebenher gehen.

Die Größe der Versuchsfläche ist von entscheidender Bedeutung bei Feststellung der Ergebnisse eines Versuchs. Wird von 100, 500 oder 1000 Pflanzen 1 Stück durch Zufall dürr, so beträgt der Ausfall bald $^1/_{100}$, bald $^1/_{500}$, bald $^1/_{1000}$.

Je größer also die Fläche und die Pflanzenzahl des Versuchsbeetes ist, um so geringer ist der Einfluß solcher zufälliger Störungen auf das Ergebnis des Versuchs. An sich sollten die Versuchsbeete so gewählt werden, daß zufällige Störungen das Resultat nicht allzusehr beeinflussen können. Mit der Größe der Versuchsbeete nehmen aber die Fehlerquellen anderer Art in hohem Maße zu.

b) Wenn die Einwirkung irgend eines Faktors auf das Wachstum verschiedener Holzarten studiert werden soll, müssen diese in derselben Zeitperiode beobachtet werden. Nur auf diese Weise kann der Einfluß der Jahreswitterung ausgeschaltet werden.

Je größer die einzelnen Versuchsflächen sind, um so länger zieht sich die Zeit der Bearbeitung des Bodens und der Saat oder der Pflanzung hin. Inzwischen einfallende Regen, Trockenperioden, Kälterückfälle können dann Veränderungen in den keimenden Samen oder den anwachsenden Pflanzen hervorrufen, die bei Beurteilung der Resultate zu erheblichen Zweifeln Anlaß geben. Jede Störung der Vergleichbarkeit muß mit größter Sorgfalt vermieden werden, da unvermeidliche und unbekannte Einwirkungen von Vögeln, Mäusen, Insekten, Würmern, Pilzen ohnehin alle Versuche im freien Lande in hohem Grade erschweren.

c) Die sichere Feststellung des Tatbestandes ist für die Beurteilung der Versuche von wesentlicher Bedeutung. Die Versuchsbeete müssen leicht übersehen und gewissermaßen mit einem Blick erfaßt werden können. Die Unterschiede der Pflanzen lassen sich nicht immer durch Zahlen, oft nicht einmal durch Beschreibung genau ausdrücken. Sie prägen sich auch dem prüfenden Auge des Beobachters nicht genau genug ein. Wer sich mit Versuchen beschäftigt, weiß, daß Entfernungen der Beete von auch nur 10—12 m die Unsicherheit der Vergleichung erheblich steigern, ja die Vergleichung unmöglich machen können.

Welche Flächen wären nötig, um unsere 40 Holzarten zu untersuchen, wenn jeder auch nur 1 Ar zugewiesen würde? Selbst wenn die Gleichmäßigkeit des Bodens vorhanden wäre und die Kostenfrage nicht in Betracht käme, solche Untersuchungen finden am Können des Beobachters ihre Grenze. Im übrigen sind ja größere Versuchsflächen verschiedener Art vorhanden; von der Schwierigkeit solcher Untersuchungen wird unten die Rede sein. Sind wir nun etwa ungünstiger gestellt als andere Wissenszweige? Der Mineraloge analysiert ein Stückchen Stein, um die Zusammensetzung des Granits zu erfahren. Der Pflanzenphysiologe stellt Beobachtungen und Versuche an einem oder wenigen Blättern etc. an, um den Vorgang der Transpiration, Assimilation zu ergründen. Niemand trägt Bedenken, die gefundenen Resultate als allgemein gültig anzunehmen, niemand verlangt, daß ein ganzer Felsblock analysiert, ein ganzer Baum dem Experiment unterworfen werde. Weil die Untersuchungen im großen gar nicht angestellt werden können, soll man sie nun auch im kleinen unterlassen und lieber in vollständiger Unkenntnis bleiben?

6. Wenn verschiedene Holzarten in Beeten gepflanzt sind, die nebeneinander liegen, so kann es sich um die Beschattung durch die Nachbarpflanzen infolge des ungleichen Jugendwachstums handeln. Dieser Unterschied ist in den ersten Jahren selbst bei vollem Licht so verschwindend, daß er nicht ins Gewicht fallen kann. Im Waldesschatten selbst ist das Wachstum so langsam, daß nach 10—15 Jahren noch keine erhebliche Störung dadurch eintritt.

Es sind also Fehlerquellen bei den Lichtversuchen, wie bei allen derartigen Versuchen, vorhanden. Bei Beurteilung des ganzen Ergebnisses wird man sich dieses Umstandes bewußt bleiben müssen.

7. Soll der Unterschied in der Produktion auf den Lichtgenuß zurückgeführt werden dürfen, so müssen alle übrigen Wachstumsfaktoren gleich sein. Die Gleichheit der allgemeinen klimatischen Verhältnisse ist bei nahe gelegenen Versuchsbeeten herbeigeführt. Nur bezüglich der Windstärken wird ein Unterschied vorhanden sein. Im Innern eines geschlossenen Bestandes wird jeder Wind schwächer auftreten, als am Bestandesrande.

Bei den Versuchen mit Deckgittern wird die Windstärke um so geringer sein, je enger die Latten stehen.

Bei der Beschattung durch Baumreihen, die dicht stehen und sehr stark beastet sind, wird eine Abschwächung des Windes eintreten. Da die meisten Winde von Westen kommen, genießen die auf der Ost- und auf der Nordseite liegenden Beete einigen Schutz vor dem Winde.

Von Bedeutung wird dieser Umstand jedoch nur für die Westseite sein, die den sämtlichen aus West kommenden Winden ausgesetzt ist. Auf kurze Entfernung wird jedoch die Stauung durch die Baumreihe abschwächend wirken.

8. Der Boden des Obergrundes kann in Versuchsgärten und auf den einzelnen Versuchsbeeten nach seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften als gleichwertig oder nahezu gleichwertig betrachtet wer-

den, weil die Entfernung der Steine, das gleichmäßige Umgraben und Vermischen der Bodenschichten vorausgegangen ist.

Hinsichtlich des Untergrundes, namentlich seiner Durchlässigkeit für Wasser, wird die Gleichmäßigkeit vielfach vorhanden sein; doch können selbst auf einer kleinen Fläche von 10 a schon Unterschiede auftreten. In einem Bestande dagegen, wo der Boden in der natürlichen Lagerung verbleibt, wird diese Gleichmäßigkeit des Bodens, des Ober- und Untergrundes nur höchst selten anzutreffen sein.

9. Dazu kommt im Walde und bei Beschattung durch Bäume auch im Versuchsgarten, die Veränderung des Feuchtigkeits- und des Nährstoffgehalts des Bodens durch die Wurzeln der alten Bäume. Diese Ungleichheit wird sich niemals vermeiden lassen; sie tritt aber bei jungen Versuchspflanzen, die in den oberen Bodenschichten wurzeln, nicht so störend hervor, wie bei älteren Pflanzen. Im niederschlagsreichen Gebiete spielt diese Einwirkung eine geringere Rolle, als in trockener Gegend; auf lehmigem Boden ist sie von geringerer Wirkung als auf Sandboden. Erst wenn die Feuchtigkeit unter das Minimum des Bedarfs der Pflanzen sinkt, wird der Einfluß der Wurzeln von entscheidender Bedeutung sein.

Bei der Anwendung von Deckgittern ist ein Einfluß der Wurzeln ausgeschlossen.

10. Dagegen erheben sich bei Betrachtung der verschiedenen Arten von Lichtentzug noch andere Fragen, zu deren Besprechung wir nun übergehen wollen. Sind die Änderungen im Wachstum der Pflanzen nur die Folge des verschiedenen Lichtgenusses, oder sind vielleicht noch andere Faktoren an diesem Ergebnis beteiligt? Welche Faktoren sind hier in Betracht zu ziehen? Ist ihr Einfluß erheblich oder nur unbedeutend? Die Beobachtung im Walde führt zu diesen Erwägungen. Die gleiche Beschattung durch den alten Bestand bringt auf Lehmboden andere Wirkungen mit sich, als auf Sand, auf trockenem Boden andere als auf frischem oder feuchtem, auf „gutem" andere als auf „magerem" Boden usw.

Auch diese Verhältnisse mußten durch Versuche und Beobachtungen geklärt werden.

Es handelt sich um den Einfluß der Deckgitter, einzelner Baumreihen oder eines Bestandes auf die Temperatur und die Feuchtigkeit des Bodens etc.

11. Wie die Beschattung durch Deckgitter auf die Bodentemperatur und die Wasserverdunstung des unbepflanzten Bodens einwirkt, habe ich im Versuchsgarten bei Zürich im August bis Oktober 1893 untersucht[1]). Die Beobachtungen erfolgten täglich 6, 9, 12, 3, 6 Uhr.

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 3, 194.

Es ergaben sich erhebliche Unterschiede bei den verschiedenen Graden der Beschattung:

	frei	1/4 beschattet	2/4 beschattet	2/3 beschattet
Temperatur des Bodens . .	18,6°	17,7°	16,6°	15,8°
Mittel niedriger als frei		um 0,9°	2,0°	2,8°
Verdunstung einer freien Wasserfläche	100	87	58	40
Verdunstung von Wasser aus dem Boden	100	88	71	62

Mit der Beschattung wird der Boden kälter und feuchter. Um 12 Uhr und 3 Uhr war der zu $^2/_3$ beschattete Boden sogar 7—9° kälter, als der freie. Dagegen ist durch die Gitter die nächtliche Ausstrahlung vermindert; die bedeckten Beete sind morgens 6 Uhr um 1,3—1,4, selbst um 2° wärmer als die freien Beete.

Einen tieferen Einblick in diese Wirkung der Deckgitter gewährt die Vergleichung sonnenscheinreicher und sonnenscheinarmer Tage.

Gegenüber dem freien Beet bei:

	Sonnenschein-Dauer	1/4 beschattet	3/4 beschattet	2/3 beschattet
		Temperatur des Bodens °C.		
August 9.	12,85 Stunden	— 1,6	— 3,5	— 6,5
August 11.	3,25 „	— 0,7	— 1,8	— 2,4
		Verdunstung einer freien Wasserfläche		
August 9.		— 0,2	— 2,2	— 2,8
August 11.		+ 0,8	— 0,2	— 1,0
		Verdunstung von Wasser aus dem Boden		
August 9.		+ 22 [1])	— 56	— 81
August 11.		— 21	— 47	— 56

Die Wirkung der Deckgitter wird verschieden sein, wenn in einer Gegend 1200 oder 1800 Stunden Sonnenschein herrscht, wenn reichliche oder wenige Niederschläge erfolgen. Deckgitter sind vielfach in Saat- und Pflanzschulen üblich; öfters wird auch Deckreisig verwendet, oder werden die Pflanzen durch eingesteckte Äste beschattet. Letztere gewähren dem Oberlicht Zutritt, bei Deckreisig ist dieses sehr stark vermindert.

12. Wie verhalten sich nun Temperatur und Feuchtigkeit im Schatten einzelner Bäume oder einer Baumreihe? Die Verhältnisse des

[1]) Kein Beobachtungsfehler; dieses Verhältnis wiederholt sich an mehreren Tagen.

Versuchs treffen wir in Lichtungs- und Nachhiebsschlägen, im Oberholz des Mittel- und teilweise des Plenterwaldes, in allen ungleich entwickelten Horsten und Gruppen, an Wegen und Straßen mit Baumreihen, auf bestockten Weiden, in Obstgärten und Parkwaldungen, an Hecken und Zäunen. Die Beobachtungen können sich demnach in zahlreichen praktischen Fällen vielleicht nützlich erweisen. Sie wurden an einer Baumreihe, um einen 2 a großen jungen Bestand und einen 25 a großen alten Bestand angestellt.

Im Versuchsgarten Großholz wurden die Beobachtungen über die Temperatur des Bodens, die Verdunstung und die Bodenfeuchtigkeit so angeordnet, daß die Instrumente auf der Nord-, Ost-, Süd-, Westseite teils unmittelbar an der Baumreihe, teils 1, teils 2 m von ihr aufgestellt wurden. Die Temperatur und Verdunstung wurden vom Mai bis September 1910 beobachtet.

Die Temperatur- und Verdunstungsmessungen finden regelmäßig im Garten in ganz freier Lage statt. Hier werden aber nur die Beobachtungsergebnisse an den Baumreihen einander gegenübergestellt. Die Thermometer waren an der Baumreihe so aufgestellt, daß sie von den Ästen nicht überdeckt waren. Die Beobachtungen fanden 8, 1, 6 Uhr statt.

Tabelle 10.

Versuchsgarten Großholz bei Tübingen.

Bodentemperatur 5 cm tief. Mai—September 1910.

	Nordseite von der Reihe entfernt			Südseite von der Reihe entfernt			Ostseite von der Reihe entfernt			Westseite von der Reihe entfernt		
	0 m	1 m	2 m	0 m	1 m	2 m	0 m	1 m	2 m	0 m	1 m	2 m
8 h	12,2	13,4	13,6	13,3	13,7	12,5	12,8	13,4	13,3	12,6	13,1	13,2
1 h	14,7	17,9	18,6	19,4	20,0	17,9	18,1	19,3	19,3	17,4	18,7	19,8
6 h	15,5	18,3	19,1	19,4	19,7	17,8	17,5	18,2	18,6	18,4	19,0	20,4
Durchschnitt	14,1	16,5	17,1	17,4	17,8	16,1	16,1	17,0	17,1	16,1	16,9	17,8

Die Temperatur unmittelbar an der Reihe ist durchweg niedriger als in weiterer Entfernung von der Reihe. Bemerkenswert ist, daß in einer Entfernung von 1—2 m die Unterschiede in der Bodentemperatur bis zu 4° betragen.

Die Unterschiede zwischen der Ost- und Westseite sind nicht bedeutend, sie betragen 0,5—1,0°; dagegen übertrifft die Temperatur der Südseite jene der Nordseite an der Reihe um 4—5°, in der Mitte um 2°. Das Fallen der Temperatur bei 2 m Entfernung auf der Südseite um 1° ist nicht aufgeklärt; in allen Monaten ist dieses Sinken konstatiert.

Findet vielleicht an den Baumreihen eine Stauung der warmen Luft statt, so daß gegen die Baumreihe zu eine höhere Temperatur eintritt?

13. Um eine 2 a große, mit 3—4 m hohen Bäumen bepflanzte Fläche wurden März bis September 1911 Bodentemperatur-Beobachtungen je um 8, 1, 6 Uhr angestellt. Die niedrigsten Temperaturen herrschten auf der Nordseite; auf den übrigen Seiten war die Temperatur höher und zwar

	das Tages-Mittel	das Mittel der Temperatur		
		8h	1h	6h
auf der Ostseite um	+ 2,7	+ 0,7	+ 5,5	+ 1,9
„ „ Südseite um	+ 2,7	+ 0,3	+ 4,6	+ 3,2
„ „ Westseite um	+ 3,1	+ 0,7	+ 4,1	+ 4,5
in einer Lücke von S nach N um	+ 2,4	0,0	+ 3,8	+ 3,3

Endlich wurden um den beim Versuchsgarten gelegenen, 0,25 ha großen, 100 jährigen Buchenbestand Thermometer aufgestellt, und 8, 1, 6 Uhr vom April bis September 1910 beobachtet. Die Nordseite hat, wie beim vorigen Bestand, die niedrigste Temperatur; an den übrigen Seiten ist diese um 1—2° höher.

14. Im Versuchsgarten Adlisberg bei Zürich wurden von Juni bis September 1896 Beobachtungen der Bodentemperatur an einer Fichtenreihe, sowie bei Abschluß von Ober- und Seitenlicht angestellt.

Die Tagesmittel ergeben folgende Durchschnitte:

				Am 13. Juli gegenüber Nord
Nordseite der Fichtenreihe	15,1°			
Ostseite „ „	16,6°	gegenüber Nord	+ 1,5	+ 4,8
Südseite „ „	18,4°	„ „	+ 3,3	+ 7,5
Westseite „ „	17,1°	„ „	+ 2,0	+ 4,7
Fichtenpflanzung nur Oberlicht . . .	15,1°		0,0	+ 0,8
Oberlicht durch Eschen abgeschlossen	14,1°		— 1,0	— 1,9
Ober- und Seitenlicht abgeschlossen .	14,2°		— 0,9	— 1,5

Die Ergebnisse stimmen mit den Beobachtungen im Großholz gut überein. Bei Abschluß des Oberlichtes durch Eschen sinkt die Temperatur unter diejenige der offenen Nordseite.

15. Wie sich die Bodentemperatur in einer 25 m langen und 17 m breiten Lücke im 100 jährigen Buchenbestand gestaltet, soll folgende Übersicht dartun.

Im Staatswald Großholz läuft die Lücke von Ost nach West, damit die Sonne fast den ganzen Tag den Boden bescheinen kann. Die Ablesungen fanden im Juni bis August 1909 um 9, 2, 5 Uhr statt.

	Bodentemperatur			
	Juni		Juli	August
	9 h	2 h	5 h	2 h
Nordseite; unter Buchenkronen; Buchen mit Unterholz; Südlicht fällt ein . .	—	—	—	14,5
Nordseite; ohne Unterholz; noch unter den Ästen; Südlicht	12,1	14,6	14,9	18,8
Nordseite; 2 m vom Kronenrand entfernt; oben offen; Südlicht	12,8	18,8	18,0	22,3
Mitte der Lücke; oben offen; frei; volles Oberlicht	13,7	18,5	17,8	18,3
Südseite; 2 m vom Kronenrand entfernt; oben offen; Nordlicht	12,4	14,5	14,6	16,2
Südseite; ohne Unterholz; noch unter den Ästen; Nordlicht	12,2	13,7	14,1	15,9
Südseite; unter Buchenkronen; mit Unterholz; Nordlicht	—	—	—	14,6

Die Mitte der Lücke und die oben offene Nordseite, die Südlicht erhält, haben die höchste Temperatur. Die Unterschiede betragen um 9 Uhr bis 1,6, um 2 und 5 Uhr 5—7°.

16. An den 4 Seiten der Cypressenreihe wurden sodann Verdunstungsmesser, je 1 m von der Reihe entfernt, aufgestellt. Die Ergebnisse enthält Tabelle 11.

Tabelle 11.

Versuchsgarten Großholz bei Tübingen.

Verdunstung einer freien Wasserfläche an einer Cypressenreihe, Gramm.
1. Mai bis 30. September 1910.

	$6^h p — 8^h a$	$8^h a — 1^h p$	$1^h — 6^h p$	Zusammen
Nordseite . .	740 (100)	2320 (100)	2720 (100)	5780 (100)
Südseite . . .	795 (107)	4860 (210)	4460 (164)	10115 (175)
Ostseite . . .	855 (115)	4255 (183)	2465 (91)	7575 (131)
Westseite . .	810 (108)	2915 (125)	4435 (163)	8160 (141)

Morgens 6—8 Uhr ist die Verdunstung nicht sehr verschieden; die Ostseite übertrifft die Nordseite aber doch schon um 15 %. Von 8—1 Uhr nimmt die Verdunstung auf der Ost- und Südseite sehr bedeutend zu. Von 1—6 Uhr sinkt sie auf der Ostseite sogar unter die Nordseite; auch auf der Südseite nimmt sie bereits wieder ab, während sie auf der Westseite sehr erheblich steigt und nahezu den Betrag der Südseite erreicht.

Die Reihenfolge ist	6—8 Uhr	8—1 Uhr	1—6 Uhr
	O, W, S, N	S, O, W, N	S, W, N, O.

Die Untersuchung der Bodenfeuchtigkeit an den Cypressenreihen wurde am 15. April und 1. Juni 1910 je an 3 Stellen eines Beetes vorgenommen.

In einem Blechgefäß mit 0,004 cbm waren enthalten Gramm Wasser im Durchschnitt der Messung an 3 Stellen:

	Nordseite	Südseite	Ostseite	Westseite
15. April	703	606	628	631
1. Juni	767	700	728	674
Durchschnittlich .	735	653	678	652
	Verhältniszahlen. Nord = 100			
15. April	100	86	89	90
1. Juni	100	91	95	88
Durchschnittlich .	100	89	92	89

Nord ist am feuchtesten, Süd am trockensten; zwischen Ost und West ist der Unterschied gering (3 %), zwischen Nord und Süd beträgt er 11 %.

17. In der Lücke im Buchenbestande werden seit 1909 Beobachtungen über den Grundwasserstand gemacht.

Dieser ist auf der Südseite der Lücke, die von Süden her Schatten erhält, fast durchaus um 40—80 cm höher als auf der Nordseite, auf die Südlicht einfällt.

18. Endlich wurden in dieser Lücke Untersuchungen über den Wassergehalt des Bodens am 27. Juli 1911 angestellt. Vom 4.—24. Juli war kein Regen gefallen, am 25. und 26. zusammen nur 0,8 mm. In 0,004 cbm Boden waren enthalten an Wasser:

Nordseite mit Südlicht; von Ästen beschattet . . .	430	Gramm
Nordseite mit Südlicht; am Rande der Kronen; frei	335	„
Mitte; frei	385	„
Südseite; mit Nordlicht; am Rande der Kronen; frei	500	„
Südseite; von Ästen beschattet	400	„
Ostseite der Lücke; Mitte; frei	370	„
Westseite der Lücke; Mitte; frei	330	„

Die oben offenen Stellen in der Mitte der Lücke (im Osten, in der Mitte, im Westen) hatten die geringste Feuchtigkeit; von der Mitte nimmt sie nach links und rechts zu, weil die Äste die Verdunstung herabsetzen, am höchsten ist sie unter den Kronen der Buchen. Der von Süden kommende Schatten wirkt auf ihre Erhöhung ein. Auf kleiner Fläche sind erhebliche Unterschiede in der Bodenfeuchtigkeit vorhanden; die feuchteste Stelle enthält 52 % mehr Wasser, als die trockenste.

In Blechgefäßen eingefüllter, getrockneter Boden wurde mit 1 Liter Wasser begossen und vom 1. Juni bis 31. August 1909 in dieser Lücke der Verdunstung ausgesetzt. Im August kamen noch Beobachtungen in Gefäßen hinzu, welche unter dem Buchenunterstand des alten Buchenbestandes aufgestellt waren.

Es verdunsteten von 400 qcm Fläche Gramm Wasser:

	August 1909		Juni bis August 1909	
Nordseite; etwas Südlicht; alte Buchen mit Unterstand	175	14	—	—
Nordseite mit Südlicht, bedeckt; am Rande der Kronen	1102	87	2047	61
Nordseite mit Südlicht; 2 m vom Rande; oben offen	1255	100	3340	100
Mitte der Lücke; oben offen	848	67	2938	88
Südseite mit Nordlicht; 2 m vom Rande; oben offen	570	45	1475	44
Südseite mit Nordlicht; bedeckt . . .	407	32	1177	35
Südseite mit etwas Nordlicht; alte Buchen mit Unterstand	260	21	—	—

Die stärkste Verdunstung herrscht auf der Nordseite der Lücke, 2 m vom Beginn der Äste, dann folgt die Mitte der Lücke; es sind die am längsten von der Sonne beschienenen Teile der Lücke. Die Äste setzen die Verdunstung schon erheblich herab, noch mehr ist dies beim geschlossenen Kronendach der Fall. Endlich vermindert auch das Unterholz die Verdunstung abermals sehr bedeutend; das Südlicht macht sich auch hier geltend. Auf ca. 20 m Entfernung herrschen also bedeutende Unterschiede in der Verdunstung.

19. Die oben nachgewiesenen Unterschiede der Bodentemperatur, der Verdunstung und Bodenfeuchtigkeit stehen im direkten Zusammenhang mit der Einwirkung der Sonne auf den Boden. Diese hängt ab von der Dauer und der Intensität der Sonnenbestrahlung. Die Cypressenreihe, die teils von Ost nach West, teils von Süd nach Nord läuft, hält an verschiedenen Stellen die Einwirkung der Sonne vom Boden ab.

Die Belichtung der Nord-, Ost-, Süd-, Westseiten an der Cypressenreihe habe ich im Versuchsgarten Großholz mehrere Sommer hindurch genauer untersucht.

Im Garten sind die Versuchsbeete — es muß dies besonders betont werden — durch vorliegende Altbestände nicht beeinflußt; die Sonne bescheint gleich nach dem Aufgang und bis zu ihrem Untergang die Versuchspflanzen. Von Zeit zu Zeit wurde nun an sonnigen Tagen aufgezeichnet, wie lange die verschiedenen Seiten von der Sonne getroffen werden.

Es sind von der Sonne beschienen an der 4—5 m hohen Cypressenreihe die Beete von 3 m Länge ganz (1,0) oder teilweise (0, . .):

	Nordseite	Ostseite	Südseite	Westseite
7h morgens	1,0	1,0	0,7	0
8h „	0,8	1,0	1,0	0
9h „	0,7	1,0	1,0	0
10h „	0,5	1,0	1,0	0.2
11h „	0,5	1,0	1,0	0,5
12h mittags	0,5	0,9	1,0	0,8
1h „	0,5	0,7	1,0	1,0
2h „	0,5	0,4	1,0	1,0
3h „	0,6	0,3	1,0	1,0
4h „	0,8	0	1,0	1,0
5h „	1,0	0	0,8	1,0
6h abends	1,0	0	0,7	1,0
Ganz beschien.	3 Stund.	5 Stund.	9 Stund.	6 Stund.

Die Nordseite ist nur 3 Stunden voll beschienen; morgens und abends je beim tiefsten Stand der Sonne. Die Ostseite erhält die Sonnenbestrahlung 5 Stunden lang schon beim höheren Stand der Sonne und von 10—12 bei der intensivsten Strahlung. Die Westseite erhält die meiste Strahlung nachmittags; nur die Stunde 12—1 Uhr fällt noch in die Zeit der höchsten Strahlung. Den höchsten Wert erreicht nach Dauer und Intensität die Südseite.

20. Um den 0,25 ha (65+40 m) großen, rings frei gehauenen Buchenbestand mit einer mittleren Höhe von 23 m gestalten sich zur Zeit des höchsten Sonnenstandes die Belichtungsverhältnisse ähnlich, wie an der Cypressenreihe. Die Ostseite ist von 7h bis 10h, die Südseite von 8h bis 2h, die Westseite nachmittags, die Nordseite in den ersten Morgen- und späten Abendstunden voll beschienen.

21. Ganz anders gestalten sich am 21. Juni 1910 die Besonnungsverhältnisse in der Lücke im Buchenbestande, die von O nach W sich erstreckt und im O offen, nach S, W und N von 23 m hohen Buchen eingeschlossen ist. Länge der Ostwestseite 25, der Nordsüdseite 17 m. Um 9 Uhr ist die ganze Fläche beschienen; um 12 Uhr ist der nach Süden gelegene Teil der Lücke von dem im Süden stehenden Bestande beschattet. Der Schatten reicht 8,5 m in die Fläche hinein. Um 3 Uhr reicht er schon über die volle Breite von 17 m hin; nur die nördliche Ecke ist noch beschienen. Um 6 Uhr ist die ganze Fläche beschattet.

Die Belichtungsverhältnisse kommen im Wachstum deutlich zum Ausdruck. Auf der von Süden her beschatteten Seite ist das Wachstum 6 m vom Rande weg gering; erst in der Mitte werden die Pflanzen höher. Wie oben gezeigt wurde, sind die mittleren Beete die trockensten; das

Wachstum ist also auf den feuchteren Stellen zurückgeblieben. In der 17 m breiten Lücke ist also $^1/_3$ der Pflanzen von geringem Wachstum. Diese Erscheinung stimmt mit den im Versuchsgarten erhaltenen Resultaten überein.

22. Die Dauer der Bestrahlung ist auf der Ost- und Westseite der Cypressenreihe nicht sehr verschieden. Auf der Westseite findet sie nachmittags statt; während die Ostseite morgens und bis 12 Uhr, selbst bis gegen 1 Uhr, also zur Zeit des höchsten Sonnenstandes bestrahlt ist. Welch bedeutenden Unterschied in der Lichtwirkung dies hervorruft, mögen folgende Zahlenangaben zeigen, die von Hann[1]) mitgeteilt werden.

Das Maximum der Lichtwirkung und das Maximum der Wärmewirkung fallen in den Sonnenstrahlen zusammen (gelbe Strahlen). Es kann deshalb eine für die Wärme aufgestellte Tabelle, von der unten weiterer Gebrauch gemacht werden wird, schon hier eingefügt werden.

Zenith					Sonnenhöhe					Horizont
90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	5°	0
Relative Weglänge der Strahlung in Folge der Dicke der Atmosphäre										
1,00	1,02	1,06	1,15	1,31	1,56	2,00	2,92	5,7	10,8	45
Relative Intensitäten der Strahlung bei senkrechtem Einfallen										
78	77	76	75	72	68	62	51	31	15	0 Proz.
Intensitäten auf einer horizontalen Fläche										
78	76	72	65	55	44	31	17	5	1	0 Proz.

„Die Bedeutung der Sonnenhöhe für die Intensität der Sonnenstrahlung, namentlich jener auf den horizontalen Erdboden, kommt in diesen Zahlen klar zum Ausdruck“.

Den obigen theoretischen Relativzahlen mögen aber noch einige wirkliche Messungsergebnisse an die Seite gestellt werden.

Intensität der Sonnenstrahlung zu Yxelö (Schweden) 58° 56′ nö. Br. am 18. und 19. Juli 1888 nach K. Angström. Völlig heitere Tage.

Zeit	5^h a / 7^h p	6^h / 6^h	7^h / 5^h	8^h / 4^h	9^h / 3^h	10^h / 2^h	11^h / 1^h	Mittag
Sonnenhöhe . . .	11,9°	17,9°	23,9°	29,1°	33,2°	35,9°	37,8°	38,4°
Schichtendicke . .	4,75	3,09	2,26	1,80	1,53	1,38	1,29	1,26
Sonnenstrahlung .	0,50	0,73	0,91	1,06	1,18	1,27	1,33	1.35 Kalor.
	reduziert auf den horizontalen Boden							
Sonnenstrahlung .	0,10	0,22	0,37	0,51	0,65	0,75	0,81	0,84 Kalor.

„Während bald nach Sonnenaufgang eine Luftmasse über der Erdoberfläche eine halbe Kalorie pro Minute zugestrahlt erhält, bekommt der Boden erst ein Fünftel davon, und drei Stunden später immer noch

[1]) Met. [2] 30.

bloß sechs Zehntel, um Mittag in 59° auch nur wenig über 60 %. In niedrigeren Breiten mit steilerer Sonnenbahn ist das Verhältnis natürlich günstiger. Da aber der Boden die Sonnenstrahlung viel stärker absorbiert, als es die Luft vermag, so erwärmt sich der Boden trotzdem viel rascher als die Luft.

„An den meisten Orten ist die Intensität der Sonnenstrahlen auch an ganz heiteren Tagen in gleichen Abständen von Mittag, also bei gleicher Sonnenhöhe nicht die gleiche, sie ist meist vormittags größer, das Maximum wird schon vor Mittag erreicht. Das Vorwiegen der Vormittagsintensitäten ersieht man schon aus folgenden Beobachtungsergebnissen von Homèn in Finnland (60,3° Breite; 14.15. August, ganz klare Tage):

Sonnenstrahlung auf die horizontale Fläche. Gramm-Kalorien qcm.

6^h	7^h	8^h	9^h	10^h	11^h	Mittag	1^h	2^h	3^h	4^h	5^h	6^h
·14	32	·53	·77	92	1,01	1,02	·97	·82	·65	·48	·33	·20

„Nachmittags ist die Atmosphäre im allgemeinen viel weniger diatherman; es gibt wenige Tage, an denen beide Tageshälften gleich sind. Unsichtbar bleibende Kondensationen des Wasserdampfs in den höheren Luftschichten, Staubtrübungen in den unteren werden die Ursache davon sein . . .

„April und Mai haben die stärkste Sonnenstrahlung (nach Messungen in Montpellier: 1,16 g Kalorien pro cm² und Minute; Juni und Juli 1.11, August 1,07, September 1,08)“.

Für die Produktion organischer Substanz muß also das Vormittagslicht ausgenützt werden. Die Bestände müssen daher dem Ostlicht geöffnet werden.

23. Fassen wir das Ergebnis dieser Untersuchungen zusammen. Als wichtigster Faktor der Produktion organischer Substanz tritt unzweifelhaft das Licht hervor. Im Walde werden die Änderungen der Beleuchtung durch Bäume hervorgerufen. Diese haben aber nicht nur auf den Lichtgrad und die Lichtart Einfluß, sondern bringen auch in allen anderen Wachstumsfaktoren Änderungen hervor. Die Bodentemperatur wird erniedrigt, die Verdunstung herabgesetzt, die Bodenfeuchtigkeit bewahrt, die Humusbildung, auch die Durchlüftbarkeit verändert. Je günstiger diese Wachstumsfaktoren an sich sind, um so geringer wird die beschattende Wirkung der Bäume sein. Im wärmeren Klima, auf humosem, fruchtbarem Boden ertragen, wie man sich ausdrückt, die Pflanzen mehr Schatten. In höheren Lagen werde dieselbe Holzart lichtfordernd, die in der Niederung schattenertragend sei, sagen ganz zutreffend die Gebirgsforstwirte. Nun ist aber die Belichtung in größerer Meereshöhe stärker, als unten. Es ist also nicht das Licht, sondern die geringere Wärme, welche diese Erscheinung des Lichtforderns

hervorruft. Wiesner[1]) hat nachgewiesen, daß bei höherer Wärme die Pflanzen mehr Schatten ertragen. Auf fruchtbarem, mineralisch reichem, humosem Boden können die Pflanzen auch bei geringerer Transpiration — die Beschattung erniedrigt sie — die nötige Menge von Nährstoffen aufnehmen und sich erhalten, während dies in entgegengesetzten Verhältnissen schwierig oder unmöglich ist. ,,Auf besserem Boden ertragen die Pflanzen mehr Schatten" — dieser Satz der praktischen Wirtschafter ist also auf wissenschaftliche Weise als richtig nachgewiesen.

Die Änderungen des Wachstums bei verschiedenen Lichtmengen dürfen also nicht auf den größeren oder geringeren Genuß von Licht allein zurückgeführt werden.

Sie sind vielmehr auch durch die Änderungen der übrigen Wachstumsfaktoren (Temperatur, Feuchtigkeit) hervorgerufen. Wo es ,,dunkel" ist, ist die Temperatur niedriger, die Feuchtigkeit höher, wo es ,,hell" ist, die Temperatur höher, die Feuchtigkeit niedriger. In kühlen Gegenden wird der hellere Grad, in trockenen der dunklere der vorteilhaftere sein. Die Pflanzen zeigen ein kümmerliches Wachstum, nicht weil es zu ,,dunkel" oder zu ,,hell" im Bestande ist, sondern weil zugleich der Boden zu kalt oder zu trocken ist. Derselbe Lichtgrad wird also je nach dem Klima und den Bodenverhältnissen eine ganz verschiedene Wirkung haben. Die Lichtstellung wird also verschieden sein müssen am Süd- oder Nordhang, bei hoher oder niedriger Temperatur, starken oder schwachen Niederschlägen, bei Lehm oder Sandboden, bei durchlassendem oder undurchlassendem Untergrund.

Durch diese Auffassung des Zusammenhangs der Lichtwirkung mit Wärme und Feuchtigkeit ist die ganze Frage allerdings schwieriger und verwickelter geworden.

Praktisch ist dieser Umstand aber von geringer Tragweite, da im Walde nur der gesamte Schlußeffekt der Beschattung in Betracht kommt.

24. Die Versuche sind teils bei Tübingen, teils bei Zürich, in 400 und 700 m Meereshöhe zwischen 47 und 49° n. B., bei 1500—1700 Stunden Sonnenscheindauer, bei 600—1000 mm Niederschlag und 7—8° Jahrestemperatur auf lehmigem Boden ausgeführt worden. Für Gegenden mit anderen Verhältnissen[2]) wird der Grad der Wirkung vielleicht verschieden sein, die Richtung der Wirkung wird aber kaum verändert werden.

Untersuchungen, namentlich in höheren Regionen, bei 2—4° Jahrestemperatur sind sehr wünschenswert.

[1]) A. a. O. Seite 183 ff.

[2]) Von Versuchen bei Haidenhaus, oberhalb Steckborn am Bodensee, bei Ingenbohl am Vierwaldstättersee, bei Oberndorf in Württemberg wird unten in anderem Zusammenhang die Rede sein.

§ 41. Praktische Schlußfolgerungen.

1. Das höchste Wachstum zu erzielen, ist in den weitaus meisten Fällen die Aufgabe des Waldbaus. Transpiration und Assimilation der Pflanzen werden schon durch das Licht allein — ohne erhöhte Erwärmung — gesteigert.

Deshalb muß die praktische Wirtschaft das Maximum der Einwirkung des Lichtes — nur von diesem ist hier die Rede — zu erreichen suchen. Jede Art von Beschattung vermindert den Lichtgenuß und damit das Wachstum.

2. Da das direkte Sonnenlicht die stärkste Wirkung hat, so muß dem Sonnenlichte der Zutritt verschafft werden. Da dieses seine stärkste Strahlung gegen Mittag erreicht, so muß der Zutritt zur Mittagszeit, beim Stande der Sonne im Zenith, möglich sein.

Da die Intensität der Beleuchtung vormittags größer ist als nachmittags, so muß neben dem Zenithlicht dem Ostlicht der Zutritt ermöglicht werden.

3. Vom diffusen Licht ist das Oberlicht oder das Zenithlicht das stärkste; dieses muß also in erster Linie ausgenützt werden. Das Vorderlicht ist am stärksten aus Süden, dann aus Ost und West, am schwächsten aus Nord. In dieser Reihenfolge muß dem Vorderlicht Zutritt gewährt werden.

4. Zur Assimilation genügt das diffuse Licht. Zum Blühen und Fruchttragen ist die Einwirkung des direkten Lichtes nötig.

5. Im geschlossenen Bestande ist die Einwirkung des Lichtes auf das Minimum herabgesetzt. Es muß daher die Transpiration und Assimilation des einzelnen Baumes relativ gering sein.

Die Vermehrung der Lichteinwirkung kann daher nur durch Durchbrechung des dichten Schlusses erreicht werden. Durch weiten Abstand der Pflanzen, durch Entfernung verdämmenden Gestrüpps und Buschwerks, durch stärkere Durchforstungen, durch Lichtungen wird der Schluß unterbrochen und dem Zenithlicht sowohl bei direktem Sonnenlicht, als bei diffusem Licht der Zutritt gewährt.

Das Maximum des Lichtgenusses wird dem Oberholz, teilweise auch dem Unterholz des Mittelwaldes und dem Plenterwald zuteil.

Im geschlossenen Hochwald genießen die herrschenden Stämme, da sie die höchsten und astreichsten sind, das meiste Licht.

Durch die Lichtstellung bei der Verjüngung erhalten sowohl die alten Bäume des Oberstandes, als der Unterwuchs mehr direktes und mehr diffuses Licht.

6. Am Hange ist die Beleuchtung der Nordseite am schwächsten. Das direkte Licht tritt gegenüber dem diffusen Lichte zurück. Soll dieses eine möglichst starke Wirkung erhalten, so muß dem Zenithlichte der Zutritt durch lichtere Stellung der Bäume verschafft werden. Am

Ost-, Süd- und Westhang kommt das direkte Licht, sowie das stärkere diffuse Licht hinzu, so daß eine dichtere Stellung an diesen Hängen immer noch eine stärkere Beleuchtung zuläßt, als eine lichtere am Nordhange.

7. Durch die Mischung der Holzarten, die nach Höhe, Beastung. Kronenbildung, Belaubung verschieden sind, wird eine verschiedene Abstufung der Beleuchtung der Baumkronen und des Bodens herbeigeführt. Am stärksten wird der Unterschied werden, wenn dem dicht geschlossenen Nadelwald das zeitweise entlaubte Laubholz beigemischt wird.

8. Soll aus irgend einem Grunde — um eine zu frühe Besamung oder den Graswuchs, Brombeerüberzug zu verhindern, die Entwickelung irgend einer Holzart zurückzuhalten etc. — die Belichtung auf einem niederen Grade erhalten werden, so ist durch dichten Schluß dem Zenithlicht und durch tiefe Beastung oder einen vorstehenden Bestand oder Bestandesteil dem Süd-, Ost- und Westlicht der Zutritt zu verwehren und nur Licht von Norden einzulassen.

9. Dichter Schluß ist in der Regel nur in jungen Beständen vorhanden. Mit zunehmendem Alter wird der Schluß durch Naturereignisse unterbrochen (Lücken, Blößen). Dadurch entsteht eine große Mannigfaltigkeit der Belichtung im Bestande.

10. Je länger und breiter die Baumkrone ist, um so stärker wird die Einwirkung des Lichtes auf die Assimilation, auf den Zuwachs sein.

11. Von den üblichen Betriebsarten nützen das Licht am meisten aus der Mittelwald und der Plenterwald. Der Hochwald kann durch Einführung des Lichtwuchsbetriebs bei den späteren Durchforstungen und der Einleitung und Durchführung des Verjüngungsbetriebes in stärkeren Lichtgenuß gesetzt werden.

12. Bei der praktischen Waldbehandlung ist neben dem Lichte den übrigen Wachstumsfaktoren (Wärme, Feuchtigkeit, Humus, Bakterien) Rechnung zu tragen.

13. Die Dauer des Sonnenscheins ist nach der geographischen Lage verschieden; auch wechselt sie von Jahr zu Jahr.

Die Wirkung des Lichtes muß daher in verschiedenen Gegenden verschieden und um so stärker sein, je südlicher ein Gebiet gelegen ist.

II. Die Temperatur der Luft.

§ 42.

Bedeutung der Lufttemperatur.

1. Die Transpiration, die Assimilation und das Wachstum der Pflanzen sind von der Wärme abhängig. Diese Prozesse beginnen bei einem für die einzelnen Pflanzenarten verschieden tiefen Minimum, nehmen an Intensität mit dem Steigen der Wärme zu, um bei Überschreitung eines

gewissen Grades wieder abzunehmen. Die höchste Leistung tritt beim sog. Optimum der Temperatur ein. Bei den höheren Pflanzen liegt gewöhnlich das Optimum zwischen 24 und 34° C, das Maximum zwischen 26—46° C, das Minimum zwischen 0—16° C[1]). Für die einzelnen Holzarten sind diese Werte noch nicht genügend erforscht.

2. Für das Blühen und das Reifen der Frucht unserer Bäume sind höhere Temperaturen als für das Wachstum erforderlich. Auch diese Werte sind für die einzelnen Holzarten nicht genauer bekannt.

Wachstum und Blühen, überhaupt die Vegetation ist von der Temperatur des Frühlings und des Sommers, in geringerem Grade von der des Herbstes beeinflußt.

3. Mit der Wärme hängt auch die Verbreitung der Holzarten, sowie die Höhe der Baum- und Waldgrenze zusammen.

Für manche Holzarten ist die Dauer der Schneedecke, die Einwirkung des Frostes während des Winters und das Auftreten der Frühjahrsfröste von hoher Bedeutung.

4. Die Zersetzung der Pflanzenabfallstoffe, der Nadeln, des Laubes, der Zweige, sowie der Gräser, Moose, Farne etc. hängt ebenfalls von der Temperatur ab. Ist diese zu niedrig, so häufen sich die Stoffe auf dem Boden an, die Humusbildung ist gehemmt; es tritt die Bildung von Trockentorf und Rohhumus ein oder es findet Vertorfung und Vermoorung statt.

5. In niederschlagsreicheren Gebieten ist bei niedriger Temperatur die Verdunstung des Wassers aus dem Boden verringert, so daß Bodennässe und Versumpfung auftreten können.

6. Die Abtrocknung des Bodens und der Beginn der Waldarbeiten (Saaten, Pflanzungen, Grabenziehungen, Wegbauten, Schälen der Rinde) im Frühjahr, ihre Erstreckung in die Herbst- und Wintermonate hinein, das Austrocknen und die Abfuhr des gefällten Holzes, also der ganze jährliche Wirtschaftsbetrieb ist von der Wärme beeinflußt.

7. Je höher die Temperatur ist, um so üppiger ist bei Vorhandensein der übrigen Wachstumsbedingungen, insbesondere bei hinreichendem Wasservorrat des Bodens das Wachstum der Bäume. In höheren Breitegraden und höheren Lagen über dem Meere ist die Wärme an sich niedrig. Unter sonst günstigen Verhältnissen nimmt das Wachstum gegen die südlichen Breitegrade hin und jedenfalls bis zu einer Jahrestemperatur von 10—12° zu. Durch diese beiden Tatsachen ist für die Wirtschaft in kälteren Gebieten die Richtung gegeben; sie muß jede Verminderung der Lufttemperatur abzuhalten suchen.

Viele ungünstige Erscheinungen im Walde sind nicht auf die Wärme als solche, sondern auf die Trockenheit, also zu geringe Niederschläge, starke Neigung oder durchlässigen Boden zurückzuführen. In den war-

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. II, 89.

men Tälern finden wir die höchsten und stärksten Bäume, wenn, wie im Aueboden, genügende Feuchtigkeit vorhanden ist.

8. Die Lufttemperatur ist eine gegebene Größe, die der Wirtschafter in ganz geringem Grade durch den Waldschatten zu modifizieren vermag.

Für die praktische Wirtschaft und die wissenschaftliche Erkenntnis ist daher nötig:

a) die Erforschung der allgemeinen Wärmegebiete, sowie

b) besonderer und lokaler Wärmeverhältnisse, sodann

c) ist die Veränderung der Lufttemperatur festzustellen, wie sie durch den geschlossenen Waldbestand hervorgerufen wird.

d) Aus diesen Darlegungen werden sich Schlußfolgerungen für die praktische Wirtschaft ableiten lassen.

§ 43. Die Wärmegebiete.

1. Faßt man ganz Europa ins Auge[1]), so treten als wärmere Gebiete deutlich hervor: die Balkanhalbinsel, Italien, Spanien, Frankreich, Belgien und Holland, der südliche Teil von England mit 10—16 ° Jahrestemperatur. An diese hohen Temperaturen reicht in Deutschland nur das Rheintal heran. Colmar, Freiburg, Karlsruhe, Mannheim, Heidelberg, Köln mit 10,0—10,4 ° sind die wärmsten Gegenden Deutschlands, 9—10 ° weisen auf die übrigen Teile des Rheintales und die meisten Seitentäler des Rheines (Neckar, Main, Mosel). Das sind die Gebiete, in welchen die exotischen Pflanzen ihr bestes Gedeihen finden (Baden-Baden, Karlsruhe, Weinheim, Wiesbaden). 9—10 ° und darüber haben die ungarische Tiefebene, das Küstengebiet an der Adria, die südlichen Täler von Tirol und der Schweiz, das Wallis und die Gegend am Genfersee. „Geradezu überraschend ist der exotische Schmuck, dessen die Gärten des Tessins (10—12 °) fähig sind. Bei Brissago gedeihen die Arten der warmen Mittelmeerküsten, der Golfstaaten der Union, Japans, des Himalaja, Kaliforniens, Chiles und Neuhollands in raschem, fröhlichem Wuchse"[2]). Bei Lausanne, Ouchy, Vevey, Genf (9—10 °) gedeihen die exotischen Holzarten in sonst unerreichter Schönheit[3]). 8—9 ° haben der nördliche Teil von Baden, Württemberg und Bayern, das nordwestdeutsche Tiefland am Rande des Berglandes hin bis zur Nordsee, während Schleswig-Holstein, Mecklenburg, Pommern und das Kulmerland mit 7—8 ° den Gebirgslagen bis ca. 700 m gleichkommen.

[1]) Für diese meteorologischen Studien sind neben den Werken von Hann insbesondere die kartographischen Darstellungen zu empfehlen: Atlas der Met. von Hann in Berghaus physik. Atlas. Abt. III. 1887. Physikalisch-statistischer Atlas des Deutschen Reiches von Andree und Peschel. 1878. Dasselbe von Österreich-Ungarn von Chavanne. 1887. Sommer, Die wirkl. Temperaturverteilung in Mittel-Europa in Forschungen z. deutschen Landeskunde. 16, 2. 1906.

[2]) Das Klima der Schweiz. I, 243.

[3]) Christ, Pflanzenleben der Schweiz. Seite 74.

6—7° hat Ostpreußen, der pommersche Landrücken mit den Gebirgslagen bis ca. 900. Noch höhere Lagen zeigen 6—5 und unter 5°.

2. In Österreich-Ungarn verteilt sich die Temperatur etwa in folgender Weise:

8—9° das Donautal von Passau bis Preßburg, die Gegend von Prag, Mähren, die Gegend am Südabhang der Karpaten, die niedrigen Teile von Siebenbürgen, Steiermark, Kärnten, Krain.

7—8°: Bukowina, Galizien, die höheren Lagen von Siebenbürgen, von Mähren, Böhmen und den Alpenländern. Mit der Erhebung über das Meer sinkt die Temperatur in den Karpaten, in den böhmischen Randgebirgen auf 4° und darunter.

3. 7—8° (auch 8,5) hat das schweizerische Mittelland vom Bodensee bis gegen den Genfersee und zwar in Höhenlagen von 900 bis 1000 m. Bei 1000—1200 m sinkt die Temperatur auf 6—5, bei 1400 auf 4, bei 1600 m auf 3°. Bei 1800 m beträgt sie noch 1,5—2,0°.

4. Der Unterschied zwischen Stationen, die im Norden oder im Süden gelegen sind, tritt am deutlichsten hervor, wenn eine Anzahl von Höhenstationen aus verschiedenen Gegenden verglichen wird.

	Meter	Grad		Meter	Grad
Brocken	1143	2,4	Fichtelberg	1223	2,8
Inselsberg (Thüringen)	906	4,1	Glatzer Schneeberg .	1217	2,5
Prinz Heinrich Baude Schneekoppe . . .	1410	1,3	Schneekoppe . . .	1603	0,3
Kniebis	904	5,7	Höchenschwand bei St. Blasien	1005	5,9
Böttingen (Württ.) .	908	5,4	Todtnauberg . . .	1022	6,0
Großer Belchen . .	1394	3,4	Wendelstein . . .	1727	2,0
Gastein Bad . . .	1023	5,6	Semmering	1005	6,1
Brenner	1380	3,4	Untersberg b. Salzburg	1663	2,5
Sterzing	1000	6,3	Wildhaus	1100	5,9
Engelberg	1018	5,2	Klosters	1207	4,7
Einsiedeln	910	5,5	Rigi	1787	2,0
Splügen	1469	3,1	Monte Generoso bei Lugano	1610	4.6
Arosa	1835	2,9	Beatenberg bei Thun .	1148	6,0
Chaumont	1127	5,6			

Brocken (1143) und Chaumont bei Neuchâtel haben bei gleicher Höhe 2,4 und 5,6; Schneekoppe (1603), Obir (1610) und Monte Generoso (1610) 0,3; 3,7; 4.6.

Die Unterschiede bei derselben Meereshöhe betragen 3, sogar 5°.

Es mögen noch einige Angaben aus tiefen Lagen angefügt sein.

	Meter	Grad		Meter	Grad
Memel	10	6,9	Klaustal	592	5,7
Stettin	35	8,3	Schneifelforsthaus . .	657	6,0
Potsdam	85	8,2	Straßburg.	144	9,5
Berlin	51	9,1	Colmar.	189	10,4
Breslau	147	8,8	Karlsruhe	124	10,0
Erfurt	219	7,9	Meersburg.	486	8,9
Koburg.	346	7,8	Villingen	715	5,8

	Meter	Grad		Meter	Grad
Freudenstadt	721	6,9	Zürich	470	8,5
München	529	7,4	Altdorf	451	9,2
Prag	197	9,1	Bern	572	7,9
Brünn	205	8,7	Chur	610	8,2
Wien	202	9,3	Lausanne	553	8,9
Bregenz	410	8,5	Bellinzona	235	12,0
Salzburg	430	8,2	St. Gallen	700	7,2
Innsbruck	600	8,0	Castasegna	700	9,5
Basel	277	9,5	Heiden	797	6,6

Auch bei geringerer Meereshöhe ist die Temperatur für gleich hoch gelegene Orte um 2—3° verschieden; so Basel—Bellinzona 2,5, Villingen —Freudenstadt 1,1, Bern—Claustal 2,2, Castasegna—Villingen 3,7.

5. Auf die zahlreichen Modifikationen der Temperatur, wie sie in Mittel- und insbesondere in Hochgebirgen durch die Lage hervorgerufen werden, kann nicht näher eingegangen werden; es muß auf die klimatologischen Werke verwiesen werden. Aus den obigen Angaben und Vergleichungen geht klar hervor, daß für die waldbauliche Wissenschaft und Praxis die gewöhnlichen Angaben von Breite und Länge, sowie Meereshöhe nicht genügen. Die Beifügung der Jahrestemperatur der nächst gelegenen Station und die etwa nötig werdende Reduktion auf die Meereshöhe sind unerläßlich. Aus den unbestimmten Angaben (hohe, niedrige, warme, kalte Lage etc.) können ganz irrige Schlüsse gezogen werden.

Die Verbreitung der Holzarten nach geographischen, neben einander liegenden Zonen würde wohl der Temperatur entsprechend sich anordnen, wenn die Abnahme der Temperatur genau dem Breitegrade entsprechen würde. Allein die Höhe über dem Meer und der Einfluß des atlantischen Ozeans, die Niederschläge, der Boden bringen so viele Änderungen in der Temperatur hervor, daß kein klares Bild entsteht.

Ganz anders im Gebirge. Die Beobachtung ist leicht zu machen, daß die Grenze zwischen Laub- und Nadelholz an einzelnen Bergen und langgestreckten Bergzügen fast eine gerade Linie bildet. So konnte Christ[1]) die Regionen nach mittleren Temperaturen abscheiden. Nach ihm reicht die Kulturregion (Weinstock, Obstbäume) bis 8,7° (bis 550 m in der Nordschweiz, 700 m in der Süd- und Westschweiz); die Buchenwaldgrenze bis 5,1° (bis 1350 m in der Nordschweiz); die Nadelwaldgrenze bis 2,0, nach heute zerstreuten höchsten Standorten bis 1,3° (in der nördlichen Schweiz bis 1800 m, in Wallis und Graubünden 2100 m).

Im badischen Schwarzwalde[2]) sind an manchen Stellen die Holzarten ebenfalls nach Regionen deutlich abgeschieden: Eiche, Weißtanne, Buche, Fichte.

---

[1]) A. a. O. Seite 15.

[2]) Geogr. Blätter. 1887. 10, 266.

Das Auftreten der Weißtanne unmittelbar über der Eiche zeigt, daß die Weißtanne ähnliche, wenn nicht etwas höhere Wärmegrade verlangt, als die Buche.

6. Für den Einfluß der Wärme auf das Wachstum der Bestände geben die Bonitäten einigen Anhaltspunkt.

Flury[1]) teilt eine Übersicht der Bonitäten nach Höhenlagen mit. In 1000—1200 m liegen 4 Versuchsflächen der Fichte, die der I. Bonität zugeteilt sind. Die I. Bonität in Buchenbeständen reicht an zwei Stellen bis 640 m; die in dieser Höhe herrschende Temperatur beträgt 7,7 und 8,2°. Für die höchstgelegenen Fichten I. Bonität ergeben sich Temperaturen von 6—7°. Es wären also für das der I. Bonität entsprechende Wachstum bei Fichte rund 6—7, bei Buche etwa 8° erforderlich, d. h. wo die Temperaturen tiefer stehen, wird nur ausnahmsweise noch die I. Bonität zu finden sein.

Dies wird bestätigt durch die Versuchsflächen in Württemberg. Die Buchenflächen I. Bonität liegen mit einer einzigen Ausnahme in der Zone von 7,5°; die der Fichten in 6—7°. Die in den bayerischen Bezirken Ottenbeuren und Sachsenried, im badischen Bezirk Ottenhöfen gelegenen Fichtenflächen haben ebenfalls 6—7°, in den sächsischen Bezirken Raschau, Einsiedel, Krottendorf, Eibenstock werden 5,5—6,0° verzeichnet.

Soweit es auf die Wärme ankommt, wird die I. Bonität der Fichte nur ausnahmsweise bei einer geringeren Temperatur als 6° zu erwarten sein.

Die Buchen I. Bonität in Württemberg liegen mit einer Ausnahme in der Zone von 7,5°, die höchstgelegenen in Braunschweig 7,1, die badischen bis 6,5°, die preußischen 6,8—7,5°.

Wenn bei den vielen zusammenwirkenden Faktoren auch eine große Sicherheit in dieser Rechnung nicht erwartet werden kann, so ist sie doch für die allgemeine Orientierung von Nutzen.

7. Für waldbaulich-physiologische Zwecke ist die Kenntnis der mittleren Jahrestemperatur nicht immer ausreichend. Vielmehr sind die Temperaturen einzelner Jahreszeiten und Monate für physiologische Vorgänge zu verwenden.

Die Temperatur des Juli steigt im heißesten Teile Deutschlands, im oberen Rheintal, bis auf 19,7° (Colmar). Dagegen hat das westliche und südliche Frankreich meist 20—21°, die südlichen Alpentäler der Schweiz erreichen ebenfalls 21° (Lugano). In den mittleren Höhen von Deutschland sind 17—18° die Regel; bei 1000 m beträgt die Temperatur 14°. Dieselben Temperaturen herrschen in Österreich-Ungarn, mit Ausnahme der ungarischen Tiefebene und der südtirolischen Täler.

---

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 9, 22.

wo sie auf 22—25° ansteigen. Die absoluten Temperaturmaxima erreichen hier sogar 35—40°.

Es hängt von den Niederschlagsmengen ab, inwieweit die hohen Temperaturen auf die Vegetation günstig oder ungünstig wirken. In Ungarn fallen 5—600, in Südtirol 1000, in den südlichen Tälern der Schweiz 2000 mm Regen. Hier die üppigste Vegetation, in Ungarn die ausgebrannte Ebene, in der die Akazien mit Pappeln und Weiden allein noch fortkommen.

Ganz Norddeutschland, insbesondere die Küstenstriche der Nord- und auch der Ostsee, haben kühlere Julitemperaturen (16—18°), nur an der Elbe, Oder und Weichsel werden 18—19° erreicht. Die mitteldeutschen Gebirge mit 14—16° sind kühler, als die süddeutschen (16—18°) Höhenlagen.

8. Für viele Waldbäume, insbesondere exotische Holzarten, sind die Wintertemperaturen entscheidend. In Frankreich, Belgien und Holland sinkt im Januar die Temperatur nur auf 2—6°. Die Einwirkung des Meeres erstreckt sich auf Nordwestdeutschland bis zur Elbe, auf das ganze Rheintal mit seinen Nebentälern, die im Januar selten unter 0° sinken. Hier ist das Gebiet der exotischen Holzarten, die fast ausschließlich aus warmen Ländern stammen.

Weiter nach Osten und Süden sinkt die Januartemperatur auf — 3 bis — 6°. Österreich-Ungarn hat, den Südabhang der Alpen und die Küste an der Adria ausgenommen, niedrige Januartemperaturen, größtenteils — 1 bis — 3°.

Ähnliche Verhältnisse treffen wir im schweizerischen Mittelland (— 1 bis — 3°) bis zur Höhe von 900 m. In den höheren Lagen sinkt die Temperatur auf — 6 bis — 8°, im Engadin auf — 8 bis — 10°. Warme Winter hat dagegen der Südabhang der Alpen; bis 600 m hat der Januar eine Temperatur von über 0°.

Die Aprilwärme ist am höchsten dem Rhein entlang (9—11°), im größten Teil von Deutschland beträgt sie nur 7—8, an der Küste der Ostsee nur 5—7°. In Frankreich steigt sie auf 12° und darüber; ebenso in der ungarischen Ebene und in Südtirol. In Österreich herrschen 8—10° vor.

Auch im Herbste zeichnet sich der Westen bis in die Nebentäler des Rheins durch hohe Temperaturen aus (9—11°). Nur die Mittelgebirge sinken auf 7—8°; im größten Teil von Deutschland herrschen 8—9°. Österreich, Ungarn mit 10—11 und 12° kommen den westlichen Ländern sehr nahe.

In der Schweiz überwiegen die Temperaturen von 7—8° in den tieferen und mittleren Lagen. Im Engadin dagegen betragen sie nur noch 2—6°; in den südlichen Alpentälern 10—12°.

9. Die Zahl der Frosttage, d. h. der Tage, an denen die Temperatur unter den Gefrierpunkt sinkt, ist für den Waldbau von großer Wichtigkeit. Die Anzucht bestimmter Holzarten hängt — neben der Winterkälte — vom Eintritt der Frühjahrs- und Herbstfröste ab. In Frostlagen ist das Gedeihen sogar mancher einheimischer Holzarten in Frage gestellt.

Die Schweiz vereinigt die sämtlichen klimatischen Zonen Mitteleuropas. Die schweizerischen Daten sind deshalb besonders geeignet, die großen Unterschiede der Frostgefährdung vor Augen zu führen.

	Mittleres Datum des		Äußerste Grenzen des	
	letzten Reifs	ersten Reifs	letzten Reifs	ersten Reifs
Mittelland	10. April—16. Mai	27. Sept.—31. Okt.	22. Juni	30. Juli
Jura mit Nordwestfuß	18. April—22. Mai	16. Sept.—23. Okt.	30. Juni	12. Aug.
Täler des Nordhangs der Alpen	30. April—27. Mai	18. Sept.—18. Okt.	14. Juli	24. Juli
Engadin (Frostgrenzen)	23. April—20. Mai	8. Sept.—13. Okt.	14. Juni	22. Aug.
Wallis	14. März—8. Mai	29. Sept.—27. Nov.	—	—
Südhang der Alpen (Frostgrenzen) . .	28. Febr.—11. März	11. Nov.—7. Dez.	22. März	4. Jan.

Mittlere Zahl der Frosttage im Jahr nach den Terminbeobachtungen (7 Uhr vormittags):

Mittelland	Genf	69,3	Heiden	109,6
Jura	Basel	67,1	Chaumont	110,0
Nordtäler der Alpen	Altstätten	80,0	Davos	177,1
Engadin	Schuls	144,2	Bevers	197,9
Wallis	Montreux	46,3	Reckingen	168,2
Südtäler der Alpen	Locarno	32,2	San Vittore	63,9

Bei Bevers, wo die Temperatur mehr als die Hälfte des Jahres unter 0 steht, wird der Wald aus Lärchen, Arven, Fichten gebildet. Die Lärchen werden 22—28 m hoch und sind nur etwa 150 Jahre alt.

10. Die meteorologischen Karten können wegen der Übersichtlichkeit nur in kleinerem Maßstabe gezeichnet werden. Im Interesse der gesamten Bodenkultur, Land-, wie Forstwirtschaft, wäre es gelegen, wenn die Temperaturverhältnisse für jeden Gemeindebezirk zur Darstellung gebracht würden. Beim Zusammenwirken der beteiligten Kreise würde dieses Ziel in kurzer Zeit sich erreichen lassen.

Es müssen aber noch mancherlei örtliche Abweichungen im Auge behalten werden. Sie erfordern eine besondere Besprechung.

§ 44. Lokale Wärmeverhältnisse.

1. Die Lufttemperatur, wie sie von den meteorologischen Stationen uns mitgeteilt wird, ist die Temperatur der Luft im Schatten, die Temperatur auf der Nordseite des Beobachtungshauses. In Wirklichkeit stehen die Pflanzen aber nicht nur unter dem Einfluß der Temperatur der Luft, sondern auch der sog. strahlenden Wärme der Sonne. Die Messungen dieser Temperatur, der sog. Insolationstemperatur, mittelst eines Schwarzkugelthermometers gibt die am ehesten vergleichbaren Resultate. Für unsere Zwecke genügt der Hinweis auf die Beobachtung Askenasys, wornach besonnte Pflanzen von einer bis auf 52°[1]) erwärmten Lufttemperatur umgeben sind, indes die Schattentemperatur 28,1° betrug. Solche Unterschiede können für Pflanzen in einer Lichtung vorhanden sein, wenn die eine Pflanze den ganzen Tag über besonnt, die andere von den höheren Bäumen beschattet ist. In mittleren Breiten sind Höchsttemperaturen von 30—34° im Schatten nicht gerade selten; es dürften also wohl Sonnentemperaturen von 40—45° öfters eintreten. Die Waldpflanzen ertragen so hohe Temperaturen ohne Schaden, sobald es nicht an Wasser im Boden fehlt[2]). Das Wachstum der dichtstehenden Jungwüchse, der einzeln stehenden Bäume aller Altersstufen, der oberen Kronenteile im geschlossenen Bestande darf daher nicht nach den Schattentemperaturen allein beurteilt werden. Da im Walde ein bunter Wechsel von besonnten und beschatteten Stellen in ebener und geneigter Lage vorhanden ist, muß die größte Mannigfaltigkeit in den für die Pflanzen ausschlaggebenden Temperaturen herrschen.

2. Das Gelände zeigt selbst in der Ebene leichte Wellen. Kleine Erhöhungen wechseln mit geringen Vertiefungen. Ausgeprägter sind diese Unterschiede des Terrains im Hügel- und Gebirgslande. Plateau- und Hanglage, einzelstehende Berge mit Kuppen, Täler verschiedener Breite und Richtung, vollständige Freilagen und durch vorliegende Berge beschattete Standorte rufen einen reichen Wechsel der Lufttemperatur hervor. Neuerdings wird diesen lokalen Einflüssen mehr Beachtung

---

[1]) Pfeffer, a. a. O. II, 848 und Bot. Zeitung 1875, 441. Bei den wenigen hierüber angestellten Messungen sind einige Einzelheiten von Interesse.

1874 nachm. 3 Uhr	15. Juli	16. Juli	18. Juli
im Schatten	31°	28,2°	28,1°
Bodenoberfläche	43—44°	—	—
Sempervivum-Arten mit fleischigem Blatt	43,7—51,2°	46,0°	49—52°
dagegen *Aubrietia deltoides*	35°	—	—
„ *Gentiana cruciata*	—	—	35°

Die Erwärmung geht manchmal so hoch, daß die Blätter vertrocknen (von den Gärtnern als „verbrennen" bezeichnet). 1911 trat diese Erscheinung sehr häufig auf.

[2]) Der Sommer 1911 war heiß und zugleich trocken.

geschenkt, so daß von deren genauerem Studium auch für die Waldwirtschaft Nutzen gezogen werden kann.

3. So hat Stöckigt[1]) an 15 Stationen den Einfluß der Lage auf die Temperatur untersucht, und den Einfluß von Ebenen, Tälern, Talmulden, Talkesseln, Hochflächen nachgewiesen.

Für die Mittelwerte und Extreme der Jahrestemperatur kommt er zu folgendem Resultate:

a) für Talstationen: hohes Tagesmittel;

b) für Kesselstationen: geringes Tagesmittel, weil die starke Winterkälte in den Kesseln das Mittel herabdrückt;

c) für Gipfelstationen: mittelhohes Tagesmittel.

Das Jahresminimum und das absolute Minimum stehen am tiefsten in den Kesselstationen, weil die kalte Luft in den Kesseln sich ansammelt und die Lufterneuerung sehr erschwert ist. Diese Kessel sind im Walde hauptsächlich die Stellen des Frostschadens.

4. Für die Abführung der neugebildeten Stärke aus den Blättern ist hauptsächlich die Nachttemperatur von Wichtigkeit.

Nachts sind die Täler kälter, Hänge und Kuppen wärmer. Die Gebirge haben eine stärkere nächtliche Ausstrahlung, als die tiefer gelegenen Stellen. Alte Bäume setzen die nächtliche Ausstrahlung herab (Schutzbestand). Auch in dieser Richtung müssen im Walde zahlreiche Unterschiede sich bemerkbar machen.

Diese sind nur an wenigen Stellen systematisch untersucht worden. Für die forstliche Meteorologie ist noch ein weites Feld der Tätigkeit offen.

Die Lufttemperatur ist nicht vom Sonnenstande allein abhängig. Winde, Regen und Bewölkung üben einen starken Einfluß auf die Höhe der Temperatur. Der Windschutz kann die Temperatur des Jahres um 0,5^0 erhöhen.

Die strahlende Wärme der von der Sonne beschienenen Felsen führt zu einer Erhöhung der lokalen Temperatur.

Am Boden ist die Lufttemperatur am niedrigsten; mit der Entfernung vom Boden nimmt sie zu.

5. Wie an einem einzelnen Bergkegel die Wärmeverhältnisse sich gestalten, hat Stützer[2]) durch Messungen am Schloßberg von Marburg gezeigt.

Das Jahresmittel betrug 1896 auf der Gipfelstation Schloß (290 m): 7,54, bei der Villa Palmieri (239 m) am Südhang: 7,99, an der südlichen Station im Tal (179 m): 8,20, bei der Villa Souchy am Nordhang (207 m) dagegen nur 7,56. Die Differenz zwischen Gipfel und Tal an einem 111 m hohen Berge beträgt 0,7^0, zwischen der südlichen und nördlichen Hanglage 0,6^0. Die größten Tem-

[1]) Über den Einfluß der Lage auf die Temperaturentwicklung der Sommermonate und die Luftfeuchtigkeit an heißen Tagen im Schwarzwaldgebiet. 1906.

[2]) Stützer, Vergleichende Temperaturmessungen zu Marburg. 1906.

peraturschwankungen hatten die Gipfelstation und die Südstation. Die Südstation hatte die meisten Sommer- und die wenigsten Frost- und Eistage.

6. Im Versuchsgarten Großholz und dessen Umgebung wurden 1908 und 1909 Beobachtungen an Minimumthermometern angestellt, die 50 *cm* hoch angebracht waren.

Gegenüber der niedrigsten Temperatur in der meteorologischen Hütte war die Temperatur niedriger um Grad

	im Oktober	im November
über dem Rasen einer nassen Fläche	— 1,1	— 1,8

7. Über den Einfluß der Freilandvegetation und Bodenbedeckung auf die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft hat Hoppe[1]) Beobachtungen ausgeführt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß Temperaturen und Feuchtigkeit der Luft im Freilande nicht als gleichmäßig angesehen werden dürfen, sondern daß sie durch die Transpiration der Kulturpflanzen beeinflußt werden. Über transpirierenden Gewächsen ist die Luft kühler und feuchter, als über toten Bodendecken oder über Brachland.

Die Differenz in der Lufttemperatur steigt bis 0,4 und 0,5°. Bei der Besprechung der Kahlhiebe wird auf diesen Punkt zurückgekommen werden.

Ähnliche Untersuchungen verdanken wir Wollny.

Er gibt als Ergebnis seiner Beobachtungen[2]) an, daß gegenüber dem Brachfeld die Lufttemperatur niedriger war

über einem Grasfeld

in 0,40 m 2,10°; in 0,75 m 0,84°; in 2,00 m 0,34°;

über einem Grasfeld

in 0,50 m 0,85°; in 0,90 m 0,60°; in 2,00 m 0,24°;

über einem Grasfeld

an der Bodenoberfläche 1,37°; in 0,30 m 0,68°.

Die Temperatur über einer bewässerten Fläche war niedriger als über der nicht bewässerten

in 0,33 m Höhe — 0,35°; in 0,66 m — 0,04°.

Die höhere Frostgefahr an nassen Stellen ist dadurch erklärt.

Sehen wir nun, welche Temperatur im Walde unter dem Schluß der Baumkronen herrscht.

§ 45. Die Lufttemperatur unter dem geschlossenen Bestande.

1. An verschiedenen Orten sind Beobachtungen über die Temperatur unter dem geschlossenen Kronendache angestellt worden. Zur Vergleichung dienten die Beobachtungen im Freien auf einer benach-

[1]) Mittlgn. der Österr. V.-A. 20. Heft, 1895.

[2]) Forschungen 7, 225 (1884).

barten Lichtung. Auf diese Weise war es möglich, den Einfluß des Bestandes auf die Lufttemperatur zu bestimmen.

Die Beobachtungen geschahen teils an Maximum- und Minimumthermometern, teils an gewöhnlichen Thermometern. Die Zeit der Beobachtung ist verschieden.

2. Die Beobachtungen der schweizerischen Versuchsanstalt waren an die Termine der allgemeinen meteorologischen Stationen (7 Uhr, 1 Uhr, 9 Uhr) angeschlossen. Es können also für die Waldstationen Tagesmittel (aus 7 Uhr + 1 Uhr + 2 . 9 Uhr) berechnet werden, die den Mitteln der allgemeinen meteorologischen Stationen gegenübergestellt werden können.[1])

Die Errichtung der Stationen geschah sodann unter Mitwirkung der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt, so daß auch aus diesem Grunde die schweizerischen Beobachtungen als die genauesten bezeichnet werden dürfen. Die Ergebnisse sind in den folgenden Übersichten zusammengefaßt.

A. Station Adlisberg ob Zürich; auf einem Höhenzug, 676 m ü. M. Die Freilandstation befand sich im Versuchsgarten, der an das landwirtschaftliche Gut Adlisberg anstößt. Die Entfernung vom Walde war nach Osten 49, Süden 54, Westen 59 m; im Norden befand sich offenes Land. Die beiden Waldstationen befanden sich in dem westlich anstoßenden Walde; die Entfernung vom Waldrande gegen Osten war 136, gegen Norden 118 m; gegen Süden und Westen setzte sich der Waldkomplex weiter fort. Die eine Station befand sich unter 20 jährigen Buchen, eine zweite in einem kleinen Fichtenhorst von 20 Jahren, der innerhalb desselben Buchenbestandes sich befindet. Es kommt also nicht das Klima eines größeren Fichtenwaldes zum Ausdruck, wie es bei der Station Haidenhaus der Fall ist.

B. Station Haidenhaus ob Steckborn am Bodensee; auf dem thurgauischen Seerücken gelegen; 695 m.

Die Freilandstation befindet sich am Forsthause Haidenhaus. Entfernung vom Walde nach Norden 47, Osten 479, Westen 315 m; gegen Süden breitet sich Acker- und Wiesland aus.

Die eine der beiden Waldstationen befand sich im Haidenwald, einem 50 jährigen Buchenbestande; die andere im Großwalde, einem 30 jährigen Fichtenbestande. Die Entfernung der Stationen vom Waldrande betrug im Buchenwalde 136—189 m; im Nadelwalde gegen Norden 60, gegen Westen 230 m[2]).

In der Zusammenstellung sind nicht die absoluten Temperaturen, sondern die Differenzen gegenüber der Freilandstation eingesetzt.

---

[1]) Die Ergebnisse der Beobachtungen. Mitt. der Schweiz. V.-A. Band I—V.
[2]) Die genauere Beschreibung a. a. O. 1, 195.

Tabelle 12.

Lufttemperatur an Waldstationen.

Gegenüber der Freilandstation: Mittel.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
A. Adlisberg. Mittel aus den Jahren 1889—95.													
Buchen	— 0,2	— 0,2	— 0,2	0,0	— 0,5	— 1,2	— 1,3	— 1,4	— 0,8	— 0,4	— 0,3	— 0,1	—0,6
Fichten	+ 0,6	— 1,3	— 0,9	— 2,6	— 0,2	— 1,3	— 1,4	— 2,6	— 1,9	— 0,9	— 1,4	— 1,3	— 1,3
B. Haidenhaus. Mittel aus den Jahren 1890—97.													
Buchen	— 0,2	+ 0,1	— 0,1	+ 0,8	+ 0,1	— 0,4	— 0,4	0,0	— 0,2	— 0,2	+ 0,1	— 0,2	—0,1
Fichten	+ 0,7	— 2,0	— 1,4	— 2,8	+ 0,1	— 1,6	— 2,4	— 1,9	— 0,9	— 0,6	— 1,3	— 1,7	—1,3

Tabelle 12a.

Lufttemperatur an den einzelnen Beobachtungsterminen.

	7 Uhr	1 Uhr	9 Uhr	Mittel
Adlisberg				
Buchen	— 0,6	— 0,1	— 0,7	— 0,6
Fichten	— 1,1	— 1,2	— 1,3	— 1,3
Haidenhaus				
Buchen	— 0,5	— 0,1	+ 0,1	— 0,1
Fichten	— 1,4	— 1,8	— 1,1	— 1,3

Unter Fichten ist auf beiden Stationen die Temperatur im Jahresmittel um 1,3° niedriger als im Freien. Unter Buchen wird sie nur um 0,6 bzw. 0,1° herabgesetzt; die Differenz rührt wohl davon her, daß unter 20jährigen Buchen die Beschattung stärker und dichter ist, als unter 50jährigen Buchen.

Die Unterschiede der Temperatur sind im allgemeinen am größten in den Monaten Juni, Juli, August, in denen sie 2° und darüber betragen.

3. Im Kanton Bern wurden 1869—87 vergleichende meteorologische Beobachtungen angestellt, die Zschokke bearbeitet hat.[1])

Im 19jährigen Durchschnitt ist die Waldluft kälter als die Luft im Freien:

	9 Uhr	4 Uhr	Durchschnitt
im Buchenbestand bei Pruntrut	0,64	0,73	0,7
„ Lärchenbestand bei Interlaken	0,72	1,18	0,9
„ Fichtenbestand bei Bern	0,79	1,07	0,9

In den beiden Nadelholzbeständen ist die Temperatur niedriger als im Buchenwalde.

Mit den Ergebnissen von den Stationen Adlisberg und Haidenhaus können diese und die Ziff. 8) angeführten deutschen Beobachtungen nicht unmittelbar verglichen werden, weil die Beobachtungstermine verschieden sind.

Im Durchschnitt wird das Mittel aus Maximum und Minimum, das ungefähr dem Tagesmittel entspricht, vermindert: im Buchenbestande um 0,4, im Fichtenbestande um 0,5, im Föhrenbestande um 0,3°. Schubert[2]) fand (unter Anbringung von Korrekturen) für das Mittel aus

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 1, 155.

[2]) Der jährl. Gang der Luft- und Bodentemp. 1900. Seite 18.

8 Uhr und 2 Uhr eine Erniedrigung im Buchenwalde um 0,7, im Fichtenwalde 1,0, im Föhrenwalde 0,5°.

4. Ebermayer[1]) gibt die Differenz zwischen Freiland und Wald an für Buchen 0,7, Fichten 1,4, Föhren 0,8.

5. Mathieu[2]) berechnet für einen Buchen- und Hainbuchenbestand die Differenz des Jahresmittels auf 0,46°; im Juni, Juli und August auf 1,03; 1,13; 1,01.

6. Die Beobachtungen, die Lorenz von Liburnau in Österreich anstellte, beziehen sich nur auf die Sommermonate. Eine Vergleichung mit den Jahresmitteln ist also nicht möglich[3]).

7. Für die Fichtenwaldungen in Schweden hat Hamberg[4]) als Resultat seiner Beobachtungen angegeben, daß die Jahrestemperatur unter den Waldbäumen 0,25° niedriger ist als im Freien.

8. An 17 deutschen forstlich-meteorologischen Stationen wurden von 1875—93 Beobachtungen angestellt[5]). Eine Zusammenfassung und Durchschnittsberechnung ist in der folgenden Übersicht enthalten.

Tabelle 13.

Ergebnisse der in Deutschland angestellten Temperatur-Beobachtungen innerhalb und außerhalb des Waldes.

Station	Holzart	Die Temperatur im Walde ist niedriger (—)° oder höher (+)°				
		8 Uhr	2 Uhr	b. Maximum	b. Minimum	beim Mittel a. Max. u. Min.
Friedrichsrode	Buche	— 0,6	— 0,9	— 1,7	+ 0,5	— 0,5
Hadersleben .	,,	— 0,2	— 0,7	— 1,0	+ 0,2	— 0,4
Lahnhof . .	,,	— 0,5	— 1,0	— 1,5	+ 0,8	— 0,3
Mariental . .	,,	— 0,6	— 0,9	— 1,4	+ 1,0	— 0,1
Melkerei . .	,,	— 0,6	— 1,4	— 2,4	+ 0,4	— 0,9
Neumath . .	,,	— 0,7	— 0,7	— 1,3	+ 0,6	— 0,4
Carlsberg . .	Fichte	— 0,9	— 1,2	— 1,8	+ 0,6	— 0,5
Fritzen . . .	,,	— 0,7	— 1,0	— 1,3	+ 0,4	— 0,4
Hollerath . .	,,	— 0,5	— 1,3	— 2,0	+ 1,2	— 0,4
St. Johann .	,,	— 0,8	— 0,9	— 2,7	+ 0,7	— 1,0
Sonnenberg .	,,	— 0,5	— 1,4	— 1,2	+ 0,7	— 0,2
Schmiedefeld .	,,	— 0,6	— 1,3	— 1,8	+ 1,3	— 0,3
Eberswalde .	Föhre	— 0,4	— 0,8	— 1,0	+ 0,5	— 0,3
Hagenau . . .	,,	— 0,9	— 1,7	— 2,4	+ 0,5	— 0,9
Kurwien . .	,,	— 0,3	— 0,7	— 0,9	+ 0,7	— 0,1
Schoo . . .	,,	— 0,3	— 0,8	— 0,9	+ 0,6	— 0,1

[1]) Die physikal. Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Tab. 1 (hier in Celsiusgrade umgerechnet).

[2]) Wollny, Forschungen. 2, 427.

[3]) Mitt. der Österr. V.-A. Heft 13.

[4]) De l'influence des forêts sur le climat de la Suède. Cit. nach Wollny, Forschungen 9, 147.

[5]) Jahresberichte über die Beobachtungsergebnisse der forstl. met. Stationen. Herausgegeben von Müttrich. 1.—23. Jahrgang. 1875—97.

9. Bei Vergleichung aller oben angeführten Beobachtungen werden vielleicht kleine Fehler bei Aufstellung der Thermometer, sowie die Ungenauigkeit der Mittelwerte bei verschiedenen Beobachtungsterminen, auch unbekannte lokale Einflüsse in Rücksicht gezogen werden müssen. Manche Beobachtungen zeigen aber eine weitgehende Übereinstimmung. Als Schlußergebnis dieser Untersuchungen darf daher ausgesprochen werden:

1. daß unter dem Bestandesschlusse die Lufttemperatur niedriger ist, als auf dem benachbarten Freilande;

2. daß die Erniedrigung im Jahresdurchschnitt 0,1—1,3° beträgt und je nach den beschattenden Holzarten verschieden ist;

3. daß der Unterschied in den warmen Monaten und zur Zeit des Maximums auf 2,5° steigt.

Die an sich schon erhebliche Erniedrigung der Temperatur wird um so einflußreicher auf die Vegetation sein, je geringer die Temperatur einer Gegend an sich ist. Eine Jahrestemperatur von 12° wird durch den Bestandesschatten auf 11,5, auch 10,5 erniedrigt, was vielleicht keinen merklichen Einfluß auf das Gedeihen der Holzarten hat. Wird aber eine Jahrestemperatur von 4, 3 oder 2° um 0,5—1,5 Grade erniedrigt, so kann dadurch bestimmten Pflanzen die Existenz unmöglich gemacht sein. Ebenso wird die Wirkung des Waldschattens auf Nordhängen stärker sein, als auf Südhängen. Je niedriger die Temperatur an sich ist, wie in größerer Meereshöhe, in höheren Breiten, in schattiger Lage, um so ungünstiger muß die Erniedrigung der Temperatur durch den Waldesschatten wirken.

§ 46. Praktische Schlußfolgerungen.

1. Die günstigsten Wachstumsverhältnisse (wenn genügende Feuchtigkeit vorhanden ist) treffen wir in Mitteleuropa bei einer Jahrestemperatur von 12°. Wo die Jahrestemperatur unter 12° zurückbleibt, ist also das Maximum der Temperatur anzustreben.

Die höchste Wärme, wie die höchste Belichtung wird durch den Zutritt der wärmenden und leuchtenden Strahlen der Sonne erreicht.

2. Durch die Krone der Bäume wird die Temperatur erniedrigt. Die Mittel, die eine Erhöhung der Temperatur bezwecken, fallen mit denen zusammen, die eine stärkere Beleuchtung ermöglichen, nämlich Lichtungen; Löcherhiebe; schneller Abtrieb des alten Holzes bei Verjüngungen; Kahlschläge.

3. Die Nadelbäume setzen die Temperatur mehr herab, als Laubbäume. Durch Einmischung von Laubholz wird die Temperatur der Nadelholzbestände erhöht.

4. Mit zunehmender Meereshöhe sinkt die Temperatur. In den höheren Lagen wird der Bestand in lichter Stellung die höchsten Temperaturen haben (Plenterwald).

5. Die nächtliche Ausstrahlung wird durch die Baumkronen vermindert.

Die Ansammlung kalter Luft in Talkesseln kann durch die Möglichkeit der Lufterneuerung verringert werden (Gassenhiebe).

6. An Hängen haben die Süd-, Ost- und Westexpositionen höhere Temperaturen. Am Nordhang ist jede Erniedrigung der Temperatur zu vermeiden.

7. Mit der Temperatur steigt die Verdunstung und die Austrocknung des Bodens. Bei geringen Niederschlägen sind die praktischen Maßregeln zu modifizieren.

III. Die Feuchtigkeit der Luft.

§ 47. **Bedeutung der Luftfeuchtigkeit.**

1. In klimatischer und pflanzenphysiologischer Hinsicht von Wichtigkeit ist nicht die absolute, sondern die relative Feuchtigkeit, der Grad der Sättigung der Luft mit Wasserdampf. Das Verhältnis der vorhandenen Dampfmenge zu der bei der herrschenden Temperatur möglichen wird in Prozenten ausgedrückt. Die absolute und relative Feuchtigkeit der Luft ist hauptsächlich von der Temperatur abhängig.

2. Die Luftfeuchtigkeit wirkt insbesondere auf die Transpiration der Pflanze ein [1]) (§ 131). Die Verdunstung wird in feuchter Luft nicht nur absolut geringer, sondern auch pro Gramm erzeugter Trockensubstanz; es wird dem Boden zur Bildung einer gleichen Menge Trockensubstanz weniger Wasser entzogen. Bei hoher Wärme und feuchter Luft kann aber die Transpiration immerhin noch erheblich sein.

3. Ob die feuchte Luft auch bei Holzpflanzen eine größere Wurzellänge erzeugt, ist nicht näher untersucht.

4. Für die Ausbildung der Blüten ist feuchte Luft ungünstig.

5. Die feuchte Luft ist leichter, als die trockene. Durch das Aufsteigen der Luft werden daher die Täler im Laufe des Tages trockener.

6. Die verschiedenen Pflanzenarten zeigen abweichende Erscheinungen, je nachdem sie in trockener oder feuchter Luft sich befinden. Genauere Untersuchungen über die Beeinflussung der Holzpflanzen durch die Luftfeuchtigkeit fehlen.

Die Beobachtung zeigt aber, daß an Orten, wo die feuchte Luft nicht weggeführt wird, Lärchen, auch Fichten und Eichen kränkeln und sich mit Flechten bedecken.

---

[1]) Pfeffer, a. a. O. I, 227. Burgerstein, Die Transp. der Pflanzen. Seite 121.

§ 48. Die relative Luftfeuchtigkeit in verschiedenen Gegenden.

1. Die größte Luftfeuchtigkeit herrscht am Meere und im Binnenlande, soweit es vom Meere noch beeinflußt ist.

Im Jahresdurchschnitt beträgt sie in Prozenten ausgedrückt:[1])

Borkum 86, Wilhelmshafen 82, Hamburg 82, Kiel 86, Lübeck 84, Memel 80, Königsberg 80, Breslau 75, Liegnitz 76, Chemnitz 73, Dresden 75, Leipzig 79, Potsdam 79, Halle 77, Braunschweig 78, Aachen 74, Trier 76, Göttingen 80, Kassel 79, Marburg 83, Frankfurt 75, Mannheim 72, Freiburg 76, Mühlhausen nur 67, Karlsruhe 77, Bretten 82, Wertheim 81, Donaueschingen 84, Villingen 84.

Paris 79, Wien 76, Görz 69, Triest 68, Abbazia 77, Venedig 74, Mailand 69, Florenz 64, Rom 65.

St. Gallen 79, Zürich 80, Basel 80, Olten 85, Genf 76, Chur 75, Davos 80, Arosa 64, Meiringen 83, Rigikulm 82, Sils-Maria 76, Montreux 71, Sion 75, Locarno 70, Airolo 69, Monte Generoso 64.

In den trockensten Gebieten Rußlands 60—50—45.

2. Nach der obigen Zusammenstellung bewegt sich die mittlere Feuchtigkeit meistens zwischen rund 80 und 70, selten unter 70%. Beträgt die Feuchtigkeit nur 60—70%, so ist die Lage schon als ziemlich trocken zu bezeichnen.

Sodann zeigt sich, daß Feuchtigkeitsgehalte von 80—85% da und dort auch im Binnenlande vorkommen.

Endlich weicht die relative Feuchtigkeit an nahe gelegenen Orten um 5 und mehr Prozente ab.

3. Die relative Feuchtigkeit ist während der einzelnen Monate und während des Tages infolge der Temperaturveränderung großen Schwankungen unterworfen. Einige Beispiele mögen dies dartun.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
I. Wien												
Monatsmittel.												
76	85	81	72	67	70	70	69	72	76	81	84	85
6 Uhr morgens												
80	86	87	84	81	76	76	75	75	79	82	85	84
2 Uhr												
59	77	70	58	48	49	50	48	50	53	61	72	77
II. Borkum[2])												
86	91	91	86	82	80	81	81	83	85	87	89	92
III. Hamburg												
82	90	88	81	73	71	73	77	78	82	86	90	92
IV. Neu-Strelitz												
77	88	84	79	68	64	65	70	74	76	83	87	89
V. Breslau												
75	84	82	77	70	66	67	67	70	73	79	84	85

[1]) Nach Hann, Thiele, Deutschlands landw. Klimatographie, und den oben angegebenen Klimatafeln.

[2]) Thiele, a. a. O. 27.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
VI. Aachen												
74	79	78	73	68	69	70	70	72	74	78	80	82
VII. Mannheim												
72	80	77	72	65	64	64	64	67	72	79	79	81
VIII. Donaueschingen												
84	92	89	84	78	76	77	78	81	82	87	90	93

Das bedeutende Sinken der Feuchtigkeit fällt fast durchweg in den Monat April und hält an bis in den Juli. Saaten und Pflanzungen aus dem Monat April können durch die große Trockenheit im Wachstum hintangehalten werden, keimende Samen durch Vertrocknen zugrunde gehen.

§ 49. Die relative Luftfeuchtigkeit im Freien und im geschlossenen Bestande.

1. Beobachtungen über die Feuchtigkeit der Luft innerhalb und außerhalb des Waldes sind an verschiedenen Orten angestellt worden; aber selten fallen die Beobachtungstermine mit den Terminen der allgemeinen meteorologischen Stationen zusammen. Dadurch werden die Vergleichungen sehr erschwert.

Unter den Holzarten sind Fichte, Föhre und Buche vertreten; zu wünschen wären Beobachtungen unter Tannen und insbesondere unter den Kronen der sog. Lichtholzarten (Eiche, Esche, Ahorn, Birke).

Meistens befindet sich an einem Beobachtungsorte nur eine Holzart, so daß bei Vergleichungen die Wirkung der Holzart als solcher nicht ermittelt ist. Nur an den schweizerischen Stationen wurden die Beobachtungen so eingerichtet, daß am gleichen Orte unter Buchen und Fichten die Ablesungen stattfanden.

2. An den schweizerischen Stationen (Versuchsgarten Adlisberg 1889—94 und Haidenhaus 1890—97) erfolgten die Ablesungen am Haarhygrometer 7 Uhr, 1 Uhr, 9 Uhr. Die Durchschnittswerte enthält die folgende Übersicht. Beim Haidenhaus befanden sich die Hygrometer in größeren Beständen von Buche und Fichte; die Fichtenstation beim Adlisberg befand sich in einem kleinen Horste inmitten eines größeren Buchenbestandes.

Tabelle 14.

Relative Feuchtigkeit im Freien und im Walde.

A. Adlisberg 1889—94.

	Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Freiland	82	91	84	77	71	75	75	77	76	83	87	92	93
20jähr. Buchen	83	86	82	76	70	76	79	83	82	87	87	90	90
20jähr. Fichten	80	82	79	72	74	76	79	82	84	85	85	84	86

	Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
						Gegenüber dem Freiland:							
Buchen	+ 1	— 5	— 2	— 1	— 1	+ 1	+ 4	+ 6	+ 6	+ 4	—	— 2	— 3
Fichten	— 2	— 9	— 5	— 5	+ 3	+ 1	+ 4	+ 5	+ 8	+ 2	— 2	— 8	— 7
						B. Haidenhaus 1890—97.							
Freiland	83	92	87	79	73	75	76	77	79	82	87	91	93
50jähr. Buchen	80	89	83	74	68	73	75	76	77	81	84	90	91
30jähr. Fichten	91	97	97	88	85	85	85	90	90	89	93	98	98
						Gegenüber dem Freiland:							
Buchen	— 3	— 3	— 4	— 5	— 5	— 2	— 1	— 1	— 2	— 1	— 3	— 1	— 2
Fichten	+ 8	+ 5	+10	+ 9	+12	+10	+ 9	+13	+11	+ 7	+ 6	+ 7	+ 5

Tabelle 14a.

Relative Feuchtigkeit an den Beobachtungsterminen.

Haidenhaus.

	Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
						7 Uhr							
Freiland	89	95	93	87	83	84	84	85	87	90	93	95	95
Buchen	88	92	88	84	80	83	85	86	87	90	90	93	93
Fichten	96	98	99	94	93	92	93	96	96	95	97	99	100
						1 Uhr							
Freiland	75	89	82	70	62	64	66	68	69	74	80	87	90
Buchen	72	86	78	65	56	62	64	67	68	74	78	85	88
Fichten	87	95	95	84	78	78	76	84	85	82	90	96	97
						9 Uhr							
Freiland	84	93	87	79	74	77	79	79	80	82	89	92	93
Buchen	80	90	83	75	70	73	74	76	76	80	85	91	91
Fichten	91	97	97	87	86	84	85	90	89	89	93	99	98
						Gegenüber Freiland							
						7 Uhr							
Buchen	— 1	— 3	— 5	— 3	— 3	— 1	+ 1	+ 1	—	—	— 3	— 2	— 2
Fichten	+ 7	+ 3	+ 6	+ 7	+10	+ 8	+ 9	+11	+ 9	+ 5	+ 4	+ 4	+ 5
						1 Uhr							
Buchen	— 3	— 3	— 4	— 5	— 6	— 2	— 2	— 1	— 1	—	— 2	— 2	— 2
Fichten	+12	+ 6	+13	+14	+16	+14	+10	+16	+16	+ 8	+10	+ 9	+ 7
						9 Uhr							
Buchen	— 4	— 3	— 4	— 4	— 4	— 4	— 5	— 3	— 9	— 2	— 4	— 1	— 2
Fichten	+ 7	+ 4	+10	+ 8	+12	+ 7	+ 6	+11	+ 4	+ 7	+ 4	+ 7	+ 5

Die Temperatur im Buchenbestande ist (§ 45,2) nur unbedeutend niedriger, als im Freiland. Der geringe Unterschied in der Feuchtigkeit ist daher erklärlich. Bei der Station Adlisberg fand die Beobachtung nur in einem kleinen Fichtenhorst statt. Die größeren Bestände beim Haidenhaus zeigen deutlich, daß unter sonst gleichen Verhältnissen die Luft im Fichtenbestande erheblich (10—12 %) feuchter ist, als im Buchenwalde. Namentlich im April bis Juli und mittags um 1 Uhr ist der Unterschied deutlich ausgeprägt.

3. Die Beobachtungen im Kanton Bern (1869—80), die um 9 Uhr und 4 Uhr angestellt wurden, haben zu folgenden Ergebnissen geführt:[1])

	Jahresmittel		
	Interlaken Lärchen	Bern Fichten	Pruntrut Buchen
Freiland	65,40	75,57	75,32
Im Walde	69,51	85,52	78,89
	Gegenüber Freiland		
Im Walde	+ 4,11	+ 9,95	+ 3,57
	Im Walde gegenüber Freiland		
Frühling	+ 2,83	+ 9,59	+ 2,26
Sommer	+ 7,85	+ 11,04	+ 8,52
Herbst	+ 5,45	+ 10,78	+ 4,18
Winter	+ 0,34	+ 8,41	— 0,70

Unter Fichten ist die Luft feuchter, als unter Buchen und Lärchen.

4. Die Beobachtungen an den deutschen forstlich-meteorologischen Stationen fanden um 8 Uhr und 2 Uhr statt.

Das durchschnittliche Jahresmittel ist im Walde höher

Station	Holzart	8 Uhr	2 Uhr
		Prozent	
Carlsberg	Fichte	+ 4,3	+ 4,9
Fritzen	"	+ 3,9	+ 4,3
Hollerath	"	+ 1,8	+ 3,0
St. Johann	"	+ 3,4	+ 4,6
Sonnenberg	"	+ 3,3	+ 5,9
Schmiedefeld	"	+ 2,4	+ 4,9
Eberswalde	Föhre	+ 4,0	+ 5,5
Hagenau	"	+ 4,0	+ 6,4
Kurwien	"	+ 2,5	+ 3,8
Schoo	"	+ 3,9	+ 5,0
Friedrichsrode	Buche	+ 2,0	+ 1,5
Hadersleben	"	+ 2,4	+ 3,8
Lahnhof	"	+ 3,5	+ 5,5
Marientał	"	+ 3,1	+ 4,5
Melkerei	"	+ 4,2	+ 6,2
Neumath	"	+ 3,7	+ 5,1

Die Unterschiede in Beständen verschiedener Holzarten treten im Jahresdurchschnitt nicht deutlich hervor. Um 2 Uhr ist in den Sommermonaten die Feuchtigkeit im Buchenbestande jedoch entschieden geringer, als im Fichtenbestande.

[1]) Wollny, Forschungen. 5, 328.

5. Die Beobachtungen in Bayern[1]) um 8 Uhr und 5 Uhr ergeben im Jahresmittel ein höheres Feuchtigkeitsprozent für den Wald.

Duschlberg	Fichte	+ 8,8
Seeshaupt	„	+ 8,5
Altenfurth	Föhre	+ 3,1
Rohrbrunn	Buche	+ 5,6
Johanneskreuz	„	+ 6,5
Ebrach	„	+ 4,5

Im Mai bis Juli ist die Luft im Walde 9—10 % feuchter, als im Freiland; in den übrigen Monaten nur 3—4, auch 5—7 %.

Im Fichtenwalde ist die Luft feuchter, als im Föhren- und Buchenwalde,

6. Lorenz von Liburnau[2]) untersuchte in einem Buchenbestande bei Ried in Niederösterreich die Feuchtigkeitsverhältnisse bei ruhiger und bewegter Luft; die Luftbewegung vermindert den Unterschied bedeutend, wie die folgende Zusammenstellung zeigt.

	Bei ruhiger	bei bewegter
	Luft	
	ist die Waldluft feuchter %	(5 m ü. d. Boden)
am Morgen	+ 13,5	+ 7,5
„ Mittag	+ 13,1	+ 8,0
„ Abend	+ 10,5	+ 5,5

Es kommt bei Untersuchung der Feuchtigkeitsverhältnisse auf die Lage der Station an. In freierer oder exponierter Lage sind die Unterschiede geringer, als in Einsenkungen oder Tälern. Die „stagnierende" Luft im Walde ist feuchter. Das Auftreten von Flechten verrät solche Stellen.

§ 50. Praktische Schlußfolgerungen.

1. Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit ist im allgemeinen nicht sehr bedeutend; er ist bisher vielfach überschätzt worden. Bei reichlichen Niederschlägen und feuchtigkeitshaltigem Boden kommt die Luftfeuchtigkeit jedenfalls für ältere Bäume kaum in Betracht.

Dagegen finden sich im welligen Gelände oft zahlreiche Stellen, an denen sie stärker auftritt und lokale Nebelbildung, insbesondere im Herbste, verursacht. Das Auftreten von Flechten an Lärchen und an anderen Holzarten weist ebenfalls auf einen höheren Feuchtigkeitsgrad hin. In diesen Fällen wirkt die Feuchtigkeit schädlich auf die Vegetation ein. Der sorgfältige Wirtschafter wird diese gefährdeten Stellen im Walde herauszufinden suchen. Sie sind in der Regel auch kälter und dem Frostschaden ausgesetzt.

[1]) Ebermayer, a. a. O. Seite 150.

[2]) Wollny, a. a. O. 14, 164.

2. Durch hohe Luftfeuchtigkeit wird die Transpiration vermindert. Dies ist nur bei geringer Bodenfeuchtigkeit als günstige Wirkung zu betrachten.

Bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 70—80 % ist eine weitere Erhöhung der Luftfeuchtigkeit nicht nur nicht nötig, sondern vielfach geradezu schädlich.

Für regenarme Gegenden fällt dagegen ins Gewicht, daß der Verbrauch der Pflanzen an Wasser aus dem Boden durch höhere Luftfeuchtigkeit verringert wird.

3. Das Sinken der Luftfeuchtigkeit im April verdient in der praktischen Wirtschaft beachtet zu werden. Keimende Samen, in der Entwickelung begriffene Blätter und Nadeln, namentlich auch sich entfaltende Blüten können durch zu starke Verdunstung im Wachstum zurückgesetzt werden.

Das bereits im August eintretende Steigen der Feuchtigkeit verdient bei der Herbstpflanzung Beachtung.

4. Täler werden bei Tag trockener. Auf die Bewahrung der Luftfeuchtigkeit in solchen ist besonders zu achten, wenn geringe Niederschläge erfolgen oder der Boden durchlassend ist.

5. Unter dem geschlossenen Bestande ist die Luftfeuchtigkeit höher als im Freien. Bei plötzlichem Abtrieb der alten Bestände werden die unter dem geschlossenen Kronendache stehenden Pflanzen in eine geringere Luftfeuchtigkeit versetzt. Da sie im Schatten stärker verdunstende Blattorgane ausgebildet haben, kann die Verdunstung sich so steigern, daß die Pflanzen zu kränkeln beginnen (junge Buchen, auch Tannen).

Auf größeren Kahlflächen ist die Luftfeuchtigkeit geringer, als im Innern des Waldes.

6. Im Fichtenwalde ist die Feuchtigkeit etwas größer, als im Föhrenwalde oder im Laubwalde. Keimende Samen stehen unter verschiedenen Bedingungen, je nachdem sie im einen oder anderen Bestande sich befinden.

Durch die Einmischung der Fichte wird die Luft feuchter, durch die Einmischung von Buchen trockener werden. Auch bei Unterpflanzungen wird eine ähnliche Wirkung eintreten. Dichte Fichtenpflanzungen, in denen die Lufterneuerung erschwert ist, werden die höchste Luftfeuchtigkeit herbeiführen. Ähnliches gilt für Stellen, die von höheren Pflanzen umgeben sind („künstliche Kessel“).

7. Durchforstungen, Lichtungen werden die Luftfeuchtigkeit herabsetzen. Nieder-, Mittel- und Plenterwald begünstigen die Lufterneuerung, das Eindringen der Sonnenstrahlen, sie werden daher die Luftfeuchtigkeit vermindern. Der Zwischenstand von Buchen oder Tannen erschwert dagegen die Lufterneuerung. Nordlagen sind feuchter, als die

übrigen Lagen, weil die Temperatur niedriger, also unter gleichen Umständen die Luft feuchter ist.

IV. Die Niederschläge.

§ 51. Bedeutung der Niederschlagsverhältnisse.

1. Das für das Pflanzenwachstum nötige Vegetations- und Transpirationswasser wird von den Niederschlägen geliefert. Diese sind daher von entscheidendem Einfluß auf das Pflanzenleben. Die Fruchtbarkeit des Bodens ist vom Wasservorrat abhängig.

Die einzelnen Pflanzenarten haben einen verschiedenen Bedarf an Wasser. Die Größe des Bedarfs hängt von dem spezifischen Verbrauch der verdunstenden Organe und der Standdichte ab. Deshalb wirkt eine gleich große Niederschlagsmenge ganz verschieden auf das Wachstum der einzelnen Pflanzenarten ein (gemischte Bestände).

2. Die Menge des oberflächlich abfließenden, des einsickernden und absickernden Wassers, der Stand des Grundwassers und der Wassergehalt des Bodens sind von der Menge der Niederschläge und dem Verhalten der Bodenarten zu den atmosphärischen Niederschlägen bedingt.

3. Die Temperatur des Bodens, insbesondere in den tieferen Schichten im Frühjahr, ist von der Temperatur der Niederschläge beeinflußt.

4. Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildung werden durch den Grad der Feuchtigkeit der obersten Bodenschichte eingeleitet, bald gehemmt, bald gefördert.

5. Durch die Niederschläge werden chemische Veränderungen im Boden hervorgerufen. Durch den Regen findet nämlich eine Zufuhr von Nährstoffen, insbesondere von Stickstoff, Chlornatrium, Schwefelsäure statt.

6. Andererseits werden Nährstoffe durch das Wasser aus dem Boden ausgelaugt, in die Tiefe geschwemmt und teilweise mit dem abfließenden Wasser weggeführt.

7. Der mechanische Zustand des Bodens wird durch Zerstörung der Krümelstruktur, durch Verschlämmen und Dichtschlämmen, durch Abschwemmen der feineren Bodenteile verändert.

8. Das Wurzelwachstum steht mit dem größeren oder geringeren Feuchtigkeitsgehalt des Bodens im Zusammenhang.

9. Die Vegetationsdauer wird durch die Niederschlagsverhältnisse bald verlängert, bald verkürzt.

10. Die Trockenperioden von längerer Dauer pflegen schädlich auf den Pflanzenbestand einzuwirken. Der Grad der Schädlichkeit hängt vom Boden ab.

11. Die Niederschläge sind für dieselbe Gegend ein von Jahr zu Jahr wechselnder Faktor.

12. Die Niederschlagsmengen können in verschiedenen Gegenden erheblich — um den 2—4 fachen Betrag — von einander abweichen. Diese Änderungen treten oft in ganz kurzen Entfernungen auf.

13. Endlich sind die Niederschläge ganz verschieden über das Jahr und die Vegetationszeit hin verteilt.

14. Es müssen daher zunächst die tatsächlichen Niederschlagsverhältnisse zur Darstellung kommen. An diese muß sich die Untersuchung über den Einfluß des Waldes auf die Niederschläge anschließen.

§ 52. Die jährlichen Niederschlagsmengen und die Niederschlagsgebiete.

1. Karte Nr. 37 im Atlas der Meteorologie[1]) von Hann gibt einen Überblick über die Regenverhältnisse der Erde.

Die regenreichsten Gebiete (2000 mm und darüber) sind die Westküste von Nordamerika, der Nordwesten von Südamerika, Mittelafrika vom Äquator bis zum 10.⁰ n. B., Indien, die im Süden und Südosten von Asien gelegenen Inseln, der Osten von China. Dies ist deshalb der Erwähnung wert, weil die meisten bei uns eingeführten Pflanzen aus diesen regenreichen (und zugleich sehr warmen) Gegenden stammen.

2. In Europa sind die regenreichsten Gebiete die Westküste von Spanien, Frankreich, England, Norwegen mit ca. 1300 mm. Ihnen reiht sich das Gebiet der Alpen und Pyrenäen mit gegen 1200 mm an. Im Innern und im Osten von Mitteleuropa sinkt die Regenmenge meist auf 600, in kleineren Gebieten auf 500 und 400 mm, im nördlichsten Schweden auf 300 mm herab.

3. Fast alle Länder Europas zerfallen in zwei Teile: einen westlichen mit hohen und einen östlichen mit mittleren und geringeren Regenmengen.

Einige Detailzahlen nach Hann[2]) mögen diesen allgemeinen Satz beweisen. Die Zahlen geben die Niederschlagsmenge in Millimetern oder Litern pro Quadratmeter an.

4. Spanien und Portugal: Bilbao 1247, Coimbra 914, Lissabon 726, Sevilla 471, Salamanca 287, Madrid 419, Valencia 486.

5. Frankreich: Marseille 548, Nizza 857, Zentralfrankreich 710, der Norden ohne Küste 620, der mittlere Westen 660, Landes und Westpyrenäen 1140. Der aus dem südlichen Teil von Frankreich bezogene Föhrensamen ist bei ca. 700 mm Regen (und 8^{0} Jahrestemperatur) erwachsen.

6. Italien: Palermo 756, Neapel 832, Rom 803, Turin 859, Florenz 889, Bologna 668, Genua 1314, Mailand 1007, Venedig 750, In Italien kommen fast alle Holzarten Mitteleuropas vor; die Jahrestemperatur steigt bis 16^{0}.

---

[1]) Berghaus, Physik. Atlas. Abt. III.

[2]) Klimatologie. 3. Aufl., 3. Bd.

7. An der Ostküste der Adria fallen 1100—1500 mm Regen, Korfu 1314. Dagegen Sarajevo 842, Belgrad 619, Bukarest 583, Sofia 650, Konstantinopel 733, Athen 390. Die Wälder der Balkanhalbinsel sind aus den Holzarten Mitteleuropas zusammengesetzt. Insbesondere finden sich ausgedehnte Buchenwälder.

8. Wohl die trockensten Gebiete finden sich in Russland: Petersburg 475, Riga 539, Kasan 392, Wilna 605, Kiew 535, Odessa 408, Moskau 533, Archangel 387, Tiflis 488, Baku 246. Die Jahrestemperatur beträgt meistens 1—3 und 4—6°. Der Jahresdurchschnitt wird durch die niedrigen Wintertemperaturen herabgedrückt; die Julitemperatur beträgt meistens 16—18, auch 19°, wie in Mitteleuropa. Die Verdunstung wird also nicht gering sein können. Samen aus Mitteleuropa nach Rußland verbracht, kommen in kälteres und trockeneres Klima, als ihr Heimatklima ist. Vielleicht hängt hiermit die Degeneration der Pflanzen aus hessischem Samen in Rußland zusammen.

9. Schweden hat eine mittlere Regenmenge von 570; im Innern von Norrland und im nördlichen Lappland beträgt sie 400, an einigen Stellen sogar nur 300 mm. Auch die Inseln und Flachgestade der Ostküste haben 400—500, in den westlichen Grenzbezirken steigt sie auf 750.

An der südlichen Westküste von Norwegen wird das Maximun mit 1500—2000 erreicht, während im Innern nur 400—500 fallen.

Die Temperatur beträgt 3—6, selbst 7°. Im südlichen Schweden finden wir noch Buchen- und Eichenbestände.

10. In Dänemark fallen im Durchschnitt 610; im Westjütland 680, Ostjütland 630, Fünen 600, Seeland 570.

11. Die größten Gegensätze haben die britischen Inseln. Im Westen die größten Mengen, die man überhaupt in Europa kennt: 3000 mm; im Osten dagegen 600—700.

12. Von Deutschland gibt die Regenkarte von Hellmann ein übersichtliches Bild.

Eine Linie von Rostock nach Erfurt und von Erfurt nach Liegnitz scheidet den trockenen Norden und Nordosten vom übrigen Deutschland. Von Erfurt bis Posen fallen 5—600 mm, ebenso im größten Teil von Ostpreußen. Von Posen bis Danzig sinkt die Menge sogar auf 4—500. Durch das Gebiet von 5—600 mm finden sich zerstreut einzelne inselartige Gegenden, in denen 6—700 mm fallen (das nördliche Sachsen, das südliche Schlesien, das Gebiet nördlich und östlich von Königsberg, die Gegend zwischen Danzig und Kolberg, zwischen Neu-Strelitz und Neu-Ruppin). Solche niedrige Regenmengen von 4—5—600 mm kommen im mittleren und südlichen Deutschland nur an wenigen Orten vor: südlich von Kassel, von Würzburg dem Main entlang bis Haßfurt, westlich von Koblenz, das Gebiet zwischen Frankfurt, Wiesbaden, Kreuznach, Mannheim, Speyer, von Straßburg bis Colmar, um Donauwörth.

7—800 mm haben die niederen und mittleren Lagen von Schleswig-Holstein, Hannover, Westfalen, der Rheinprovinz, von Hessen-Nassau, Sachsen, Bayern, Württemberg, Baden, Elsaß-Lothringen. Die höheren

Lagen in den deutschen Mittelgebirgen steigen auf 900—1000, auch 1200 m an. Die regenreichsten Gebiete (bis 2200) sind die Westvogesen südlich von Münster, der badische, in geringerem Maße der württembergische Schwarzwald, der bayerische Wald und die bayerischen Alpen.

13. Daß Österreich-Ungarn die größten Unterschiede in den Niederschlägen aufweisen werde, läßt sich nach seiner geographischen Lage von vornherein vermuten.

Die Regenkarte von Sonklar in Chavannes Physikalisch-statistischem Atlas von Österreich-Ungarn läßt drei Gebiete deutlich hervortreten: die Küste an der Adria, die Alpengegend und der nördliche und östliche Teil der Monarchie.

Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien, der größte Teil von Ungarn haben 5—600, auch 700 mm Niederschlag. Um Prag, südlich von Brünn, erreicht die Niederschlagshöhe nicht einmal 500. In den gebirgigen Teilen dieser Länder steigt sie auf 8—900, auch 1000.

An der adriatischen Küste beginnen die Niederschläge mit 8—900, um im weiter einwärts liegenden Gebirge auf 12—1600, nördlich von Görz auf 2000 zu steigen. Im Hauptstock der Alpen beträgt sie 800 bis 1200 mm.

Ungarn hat in der Tiefebene nur 5—600 mm, in den nach Südwest vorgelagerten Gebirgen steigen die Niederschläge auf 800—1000 und erreichen an der adriatischen Küste 2400 mm. Die Karpathen haben größtenteils nur 800 mm, in einem kleinen Teil 1000—1200 mm. Die Bukowina hat überwiegend 8—900 mm, Siebenbürgen 6—700, im gebirgigen Teil 900—1000 mm.

14. Nach der Niederschlagskarte der Schweiz[1]) ist die Sohle des Rhonetales bei Sion die niederschlagsärmste Gegend der Schweiz mit 570—600 mm. Dann folgt das obere Wallis, das Engadin und die Gegend von Schaffhausen und Basel mit 800 mm. Vom Genfersee bis Biel fallen 900 mm. Im größten Teil der Schweizer Karte begegnet man den Kurven von 1000—1400, auch 1600 mm. Im Nordwesten des Genfersees auf den Höhen des Jura, im südlichen Tessin und um den Säntis sind 2000—2200, auch 24—2500 mm nachgewiesen. Die Schweiz ist demnach das regenreichste Gebiet von Mitteleuropa. Selbst die trockensten Gebiete — außer dem mittleren Wallis — mit 800—900 mm übertreffen an Regenmenge einen großen Teil von Deutschland und Österreich-Ungarn.

15. Zum Schluß noch einige Daten aus Japan[2]) und Amerika, der Heimat der bei uns kultivierten exotischen Holzarten. Die japanischen Stationen

---

[1]) Das Klima der Schweiz. I., Seite 75.

[2]) Hann, a. a. O. [3]III., 2., Seite 329.

liegen 5—135 m ü. M. Von 14 Stationen haben 2 nur 900—1000, die übrigen meist 14—1600, einige 18—2500. Kalifornien hat an der Küste 4—600, im Innern bis 1160; die Südstaaten von Nordamerika verzeichnen 1000, meist 12—1400 mm.

16. Von den langjährigen Mitteln weichen die Mengen der einzelnen Jahre und Monate natürlich in verschiedenen Graden ab.

Die mittlere Abweichung beträgt in Mitteleuropa ca. 15 % (in Rußland und Sibirien 20—30 %) für die Jahressummen, 45 % (und bis 50 und 60 %) für die Monatssummen[1]). Die trockenen Jahre sind im allgemeinen häufiger als die nassen[2]).

In einzelnen Gegenden kommen Schwankungen von 100 und mehr Prozenten in den Jahresmengen vor.

17. Hellmann gibt an, daß für praktische Anwendungen nachstehende Abweichungen vom Mittelwerte genügen:

Ostpreußen	145	und	55 %	des	Mittelwerts
Westpreußen, Posen . .	145	,,	60 ,,	,,	,,
Schlesien	135	,,	65 ,,	,,	,,
Brandenburg, Pommern .	130	,,	62 ,,	,,	,,
Sachsen und Thüringen .	142	,,	70 ,,	,,	,,
Schl.-Holstein, Hannover	132	,,	66 ,,	,,	,,
Westfalen	134	,,	66 ,,	,,	,,
Rheinland	137	,,	65 ,,	,,	,,

In Königsberg beträgt 1858 der Ausfall 360 mm; die jährliche Niederschlagsmenge sank auf 328 mm. In Tilsit stieg 1826 der Ausfall auf 354 mm; die jährliche Niederschlagsmenge betrug nur noch 330 mm[3]).

In den Provinzen Westpreußen und Posen betragen in den trockensten Jahren die Ausfälle 206—259 mm. Der gesamte Niederschlag sank in Danzig auf (1762) 352, in Konitz (1857) auf 281, in Posen (1874) auf 286 mm.

Die geringsten Niederschläge im Westen Deutschlands sind nach Hellmann[4]): Gießen 417, Frankfurt 366, Trier 419, Aachen 486, Bonn 392, Köln 379, Krefeld 357, Kleve 476, Hechingen 476 mm.

In den trockensten Gebieten sinkt also die Jahresmenge vielfach unter 400, im deutschen Osten sogar unter 300 mm.

18. Ebenfalls aus Hellmanns Regenkarten stammt die folgende Übersicht, welche die während 100 Jahren zu erwartenden sehr trockenen, trockenen, nassen etc. Jahre für einige Gegenden nachweist.

---

1) Nach Hann, Meteorol. ²241.

2) Hann, Met. ²242. Unter 100 Jahren sind in Deutschland 52 trockene, 48 nasse.

3) Hellmann, Regenkarte der Prov. Ostpreußen. S. 12 und Westpreußen S. 13.

4) Regenkarte der Prov. Hessen-Nassau und Rheinland. S. 20.

	Sehr trocken 51—75	trocken 76—100	naß 101—125	sehr naß 126—150	ungewöhnl. naß 151—175
	Prozente des Mittelwerts.				
Königsberg . . .	12	35	45	8	—
Tilsit	10	37	46	4	3
Konitz	11	43	35	11	—
Bromberg	7	50	33	10	—
Posen	8	50	32	10	—
Schlesien	5	50	41	4	—
Berlin	9	37	49	5	—
Frankfurt a. M. . .	5	39	51	5	—
Köslin	2	53	40	5	—
Stettin	5	45	43	7	—
Torgau	9	49	33	9	—
Jena	2	53	41	4	—
Arnstadt	5	50	40	5	—
Heiligenstadt . . .	10	42	42	6	—
Erfurt	—	49	46	5	—
Halle	2	45	48	5	—

Nahe gelegene Orte können ganz abweichende Verhältnisse zeigen. In Torgau, Jena, Arnstadt, Heiligenstadt überwiegen die trockenen Jahrgänge, während in Erfurt und Halle es eher umgekehrt ist.

19. Aus Hellmanns Begleitworten zu den Regenkarten mögen die besonders trockenen und besonders nassen Jahrgänge hervorgehoben werden.

Es waren ungewöhnlich:

	trocken	naß
Ostpreußen:		
Königsberg	1857, 58, 70, 81	1851, 67, 80, 85
Tilsit	1822, 26, 35, 42, 57, 86	1852, 61, 67, 78, 98
Westpreußen und Posen:		
Danzig		1891
Konitz	1857	1882
Posen	1874	1848, 88
Bromberg	1881	1888
Brandenburg und Pommern:		
Stettin	1857, 58, 65, 86	1867, 75, 82, 88, 89
Berlin	1849, 57, 74, 86	1858, 60, 70, 82
Frankf. a. O.	1849, 57, 63, 74, 92	1854, 82, 91, 94
Sachsen und Thüringen:		
Torgau	1857, 64, 73, 74, 92	1854, 79, 80, 82
Halle	1847, 65, 73, 79, 92	1853, 75, 1900
Schleswig-Holstein, Hannover:		
Neumünster	1857, 74, 75	1866, 77, 80, 88
Emden	1857, 58, 64, 87	1852, 66, 77, 78, 80
Göttingen	1857, 65, 73, 83, 92	1866, 68, 82
Klaustal	1857, 74, 87, 92	1860, 61, 66, 67
Gütersloh, Westfalen	1847, 57, 65, 74, 85	1841, 43, 67, 80, 82
Arnsberg	1874, 87, 92	1867, 80, 82, 95, 98

	trocken	naß
Hessen-Nassau, Rheinland:		
Gießen	1857, 58, 73, 74, 89, 1902	1854, 62, 76, 82
Frankfurt	1850, 51, 64, 74, 92	1854, 56, 60, 82
Trier	1814, 26, 57, 64, 92	1809, 52, 54, 56, 60, 66, 77, 82
Bonn, Köln, Krefeld, Kleve:	1857	1852, 54, 60, 67, 70, 82

20. Diesen Zahlen aus Norddeutschland seien solche aus Baden[1]) gegenübergestellt.

	trockene Jahrgänge	nasse Jahrgänge
Baden:		
Villingen	1871, 84, 92, 93, 94	1875, 76, 79, 80, 81, 82, 86
Donaueschingen	1874, 84, 87, 93, 94	1875, 76, 77, 78, 80, 82
Meersburg	1870, 71, 91, 93	1875, 76, 80 82, 85, 86
Höchenschwand	1884, 89, 92, 93	1875, 76, 77, 78, 80, 82
Freiburg	1884, 92, 97	1878, 79, 82
Baden	1891, 93	1872, 77, 78, 79, 80, 82
Karlsruhe	1818, 22, 34, 42, 57, 58, 59, 61, 64, 65, 93	1870, 71, 72, 73, 75, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86
Heidelberg	1820, 34, 97	1824, 72, 75, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86
Mannheim	1842, 55, 58, 64, 65, 69, 89, 90, 92, 93, 96, 97	1845, 72, 76, 77, 78, 79, 80, 82

Weder in Norddeutschland, noch in Baden sind die trockenen oder die nassen Jahrgänge über weite Gebiete gleichmäßig verbreitet. Sie fallen auch nur teilweise in Norddeutschland und Baden zusammen (1865, 1882). Die geographischen Unterschiede treten ferner deutlich hervor bei Vergleichung von Freiburg oder Baden mit Karlsruhe und Mannheim oder Heidelberg. In ganz Baden gleichmäßig verbreitet war nur die Trockenheit von 1893 und die große Niederschlagsmenge von 1882. Bemerkenswert ist, daß in Baden mehrfach 3, auch 4 nasse Jahrgänge aufeinander folgten.

21. In Österreich bewegen sich die Niederschläge:

Niederösterreich[2])	zwischen	115	und	84	%	des Mittelwerts
Steiermark	„	110	„	87	„	„ „
Triest	„	147	„	62	„	„ „
Salzburg	„	129	„	76	„	„ „

22. In der Schweiz schwanken die Niederschläge:

in Genf	um	127	und	53	%	des Mittelwerts
„ Zürich	„	174	„	65	„	„ „
„ Lugano	„	156	„	48	„	„ „

Die trockensten Jahre seit 1860 sind 1865, 1893, 1911. Der absolute Ausfall an Niederschlagsmenge gegenüber dem langjährigen Mittel beträgt 1893 meistens 2—300 mm, seltener nur 100 mm oder 4—500 mm, dagegen auf dem Bernhardin 512, Castasegna 545, Lugano 828.

---

[1]) Beitr. z. Hydrographie Badens. 18. Heft. 1900.

[2]) Klimatographie von Österreich: Hann., Klimatogr. von Niederösterreich. S. 9,

Klein, Kl. von Steiermark. S. 16. Mazelle, Triest. S. 24.

Fessler, Salzburg. S. 23. „In 29 Jahren die geringste Niederschlagsmenge 1027 mm, „Dürrjahre“ sind in Salzburg so gut wie ausgeschlossen.“

23. Über den Wechsel der Niederschlagsmengen auf kurze Entfernungen hat Hellmann bei Berlin Untersuchungen angestellt, die ihn zu nachstehenden Schlüssen führen[1]): „Selbst im Flachlande kommen an Orten, die weniger als ½ km von einander entfernt sind, in einzelnen Monaten Unterschiede des Regenfalls bis zu 5 % vor. Diese Unterschiede steigern sich an einzelnen Tagen mit böigem Wetter und Gewitterregen so, daß sie 100 und mehr Prozente erreichen können".

Für die „Erfahrungen" und auch für wissenschaftliche Untersuchungen ist die Feststellung der örtlichen und zeitlichen Unterschiede der Niederschläge von höchster Bedeutung. Am gleichen Orte können in einzelnen Jahren die verschiedensten „Erfahrungen" gemacht werden, wenn eine Erscheinung von den Niederschlägen abhängig ist. Die Annahme, daß die Niederschläge in derselben Gegend gleich sein werden, kann zu ganz unrichtigen Schlüssen führen.

24. Die Wassermenge, die der Tau liefert, ist sehr gering, wenigstens in den gemäßigten Klimaten. Er beträgt 26—41 mm[2]) im Jahresdurchschnitt; also bei Niederschlagsmengen von 600 mm nur ca. 5 %. Ob diese Wassermenge der Vegetation zugute kommt durch Aufnahme des Wassers durch die Blätter, ist eine bestrittene Frage.

§ 53. Die Verteilung der Niederschläge über das Jahr hin.

1. Für die Vegetation kommt hauptsächlich die im Frühling und Sommer fallende Niederschlagsmenge in Betracht. Für den Wasservorrat im Boden ist auch die Menge des Winters von Bedeutung (Winterfeuchtigkeit).

Bezüglich der Verteilung der Niederschläge auf die Jahreszeiten treten in Europa wichtige Unterschiede hervor. In Mitteleuropa und auch Osteuropa tritt das Maximum im Juni, Juli und August ein, in Nordeuropa teils im Juli, meist aber im August. In Südfrankreich, an der Westküste von Frankreich, in England, in Spanien, Oberitalien und in der Süd- und Südwestschweiz erfolgt das Maximum des Niederschlags im Oktober, auf der Balkanhalbinsel erst im November und Dezember.

Die günstigsten Vegetationsbedingungen sind also in Mittel- und Osteuropa vorhanden. Im übrigen Europa ist der Sommer relativ trocken.

2. Von praktischer Bedeutung ist der Nachweis von Hann[3]), daß bei sehr verschiedenen Jahressummen in größeren Bezirken die prozentuale Verteilung über das Jahr hin nahezu dieselbe bleibt.

Zahlreiche Angaben enthalten die Regenkarten, die Hellmann für die preußischen Provinzen mit Begleitworten herausgegeben hat,

[1]) Hann., Met.[2] 237.

[2]) Hann., Met.[2] 189.

[3]) Klimat. [3]I. Seite 64.

sowie sein großes Werk über „Die Niederschlagsverhältnisse der deutschen Stromgebiete“. Die in diesem Werke enthaltenen Karten über die relativen Niederschlagsmengen in den verschiedenen Jahreszeiten hat Hann wiedergegeben[1]).

Im allgemeinen nehmen die Frühjahrs- und Sommerregen landeinwärts zu, die Herbst- und Winterregen dagegen ab.

Einige Zahlen mögen die Unterschiede in Mitteleuropa darlegen.

Tabelle 15.

Prozentische Verteilung der Niederschläge über das Jahr.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Nordwestdeutschland (ohne Küste)	7	7	7	7	8	10	**11**	10	8	8	8	9
Mitteldeutschland	6	6	7	7	9	11	**12**	11	7	8	8	8
Süddeutschland	6	6	7	7	10	11	**11**	11	8	8	8	7
Nordschweiz	5	5	7	8	10	**12**	11	**12**	8	9	7	6
Deutsche Ostseeländer	6	5	6	6	8	11	**13**	12	9	8	8	8
Böhmen, Mähren	5	6	7	7	10	**13**	12	12	8	6	7	7
Ungar. Ebene	5	4	6	8	11	**13**	10	9	9	10	8	7
Österreich. Alpen	5	5	7	7	10	12	**13**	**13**	9	6	7	6
Südtirol	4	4	6	9	**11**	10	9	9	11	**12**	9	16

„In den Gebirgsgegenden, bemerkt Hann[2]), sind die Verhältnisse komplizierter, indem sie in hohem Grade von der örtlichen Lage abhängen, namentlich gegenüber der Luv- und Leeseite eines Gebirges. Fast überall treffen wir aber in den (Mittel-)Gebirgen eine relative Abnahme der Sommerregen und Zunahme der Winterregen. . . .

Im allgemeinen neigt die Luvseite gegenüber der Leeseite zu Winterniederschlägen.“

Bei Schneedruckschaden, Fällungs- und Transportarbeiten im Winter, Schneeschmelze spielen diese Verhältnisse eine praktisch einflußreiche Rolle.

3. Für waldbauliche Studien ist die Kenntnis der absoluten Mengen des Niederschlages unentbehrlich. Es sollen deshalb die verschiedenen Gebiete in dieser Hinsicht charakterisiert werden.

Werden die absoluten Mengen graphisch aufgetragen, so erhält man für jedes Land eine sehr übersichtliche Darstellung der Niederschlagsverhältnisse.

4. Eine Gegenüberstellung verschiedener Stationen wird die Wichtigkeit dieser Verhältnisse vor Augen führen. Die Stationen des württembergischen Netzes[3]) sind in der Weise ausgewählt, daß verschiedene Gegenden mit teilweise fast gleichen Jahresniederschlägen nebeneinander gestellt sind. Die Zahlen sind die Durchschnittswerte von 15 Jahren (1888—1902).

---

[1]) A. a. O. III, 2. Seite 229—232.

[2]) A. a. O. 231.

[3]) Württ. Jahrb. für Statistik 1905. II. 187.

Regenstation	Meereshöhe	Jahressumme	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
		mm	Niederschlagsmenge mm											
1. Freudenstadt	735	1398	126	120	132	107	112	114	126	101	91	127	90	152
2. Ruhstein bei Freudenstadt	915	1926	146	154	173	144	146	176	195	158	136	175	134	189
3. Isny . . .	720	1421	81	80	95	114	126	172	187	164	145	115	64	78
4. Zeil . . .	765	1085	56	52	66	98	113	129	132	131	110	91	52	55
5. Heidenheim	495	734	50	46	56	59	66	90	76	78	53	64	40	56
6. Tübingen .	325	679	36	29	44	55	72	81	101	72	58	62	33	36
7. Mergentheim	210	615	44	33	46	45	51	76	74	52	57	59	32	46

In Ruhstein im Schwarzwald überschreitet die Niederschlagsmenge in allen 12 Monaten 130 mm. In Freudenstadt erreicht sie in 10 Monaten mehr als 100 mm, in 2 bleibt sie nur wenig unter 100 mm zurück. Im südlicher gelegenen Isny, das ungefähr dieselbe Niederschlagsmenge und Meereshöhe wie Freudenstadt hat, bleiben die Monate November bis März unter 100 mm, während in den Sommermonaten die Regenmenge diejenige von Freudenstadt übertrifft. Ähnlich verhält sich das ebenfalls im Süden gelegene Zeil. In der Mitte und im Norden des Landes bleibt (Tübingen ausgenommen) die Niederschlagsmenge in allen Monaten unter 100, in 6 Monaten unter 60 mm zurück.

5. Die folgende Zusammenstellung weist die Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Monate für weitere Gebiete nach.[1]) Die Grenzweiten von — bis — beziehen sich auf die meteorologischen Stationen des betreffenden Regengebietes. Es muß später folgenden Abschnitten die Verwertung dieser Daten vorbehalten bleiben. Die Wirtschaft so mancher Gegend ist von diesen Monatsmengen entscheidend beeinflußt. Auch in der Frage der Provenienz des Samens kann die Regenverteilung von Bedeutung sein. Deshalb ist die Angabe für zahlreiche Gebiete erfolgt.

Tabelle 16.

Die Niederschläge nach Monaten.

	Westpreußen u. Posen		Ostpreußen		Schlesien	
	von	bis	von	bis	von	bis
			mm			
Januar	27	32	27	43	25	73
Februar	18	34	24	37	17	72
März	32	40	28	44	33	103
April	32	36	33	45	32	100
Mai	47	56	47	63	53	132
Juni.	58	61	45	76	66	159
Juli	64	88	73	109	79	162
August	59	72	58	87	72	138
September	41	59	51	85	51	113
Oktober	36	60	51	85	39	112
November	30	49	33	60	34	89
Dezember	29	40	33	64	27	96
Jahr	494	625	557	688	585	1349

[1]) Teils direkt den Quellen entnommen, teils nach den Prozentzahlen von Hann und Hellmann berechnet. Da diese abgerundete Werte sind, stimmt die Jahressumme nicht immer mit der Summe der Monatsmengen überein.

Die Niederschläge betragen in

	Brandenburg und Pommern		Schleswig-Holstein und Hannover		Sachsen	
	von	bis	von	bis	von	bis
			mm			
Januar	29	46	36	108	26	74
Februar	22	41	32	104	26	69
März	35	48	38	112	32	80
April	27	40	31	78	27	59
Mai	42	65	38	81	39	74
Juni	51	68	41	117	52	83
Juli	65	93	59	146	60	87
August	50	90	56	121	47	82
September	36	76	42	87	34	71
Oktober	39	69	48	111	38	86
November	31	60	39	108	27	84
Dezember	33	53	41	135	34	103
Jahr	470	723	563	1299	475	952

Die Niederschläge betragen in

	Westfalen		Hessen-Nassau u. Rheinland	
	von	bis	von	bis
		mm		
Januar	53	130	32	121
Februar	39	119	26	110
März	48	100	30	100
April	41	93	31	89
Mai	50	73	34	85
Juni	62	102	47	96
Juli	82	133	46	127
August	65	106	46	112
September	47	104	41	98
Oktober	60	123	45	121
November	55	95	24	89
Dezember	61	138	34	127
Jahr	676	1247	478	1269

Die Niederschläge betragen in

	Sachsen		Hessen		Baden		Elsaß-L.	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
				mm				
Januar	27	62	19	93	19	151	22	172
Februar	29	71	23	76	18	139	23	193
März	41	91	40	98	33	169	27	194
April	36	71	31	82	26	201	33	137
Mai	52	85	38	82	37	156	50	141
Juni	70	113	45	75	40	142	61	163
Juli	73	115	32	79	55	130	60	156
August	61	98	51	106	62	204	48	133
September	42	75	46	92	58	152	49	146
Oktober	43	83	51	123	41	214	52	242
November	41	81	31	92	31	165	35	185
Dezember	39	80	27	99	23	169	28	241
Jahr	583	991	484	1065	493	1925	487	1995

Die Niederschläge betragen in

Bayern:	Illergebiet		Altmühlgebiet		Isargebiet		Bodensee-gebiet	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	mm							
Januar	25	100	32	42	30	85	37	76
Februar	34	79	25	41	28	74	48	72
März	42	113	42	50	42	95	67	111
April	55	180	45	50	54	152	100	148
Mai	85	160	52	58	56	149	78	127
Juni	75	192	50	61	73	186	101	136
Juli	94	185	60	71	73	172	142	144
August	85	254	74	81	86	202	164	216
September	67	143	43	54	49	129	108	138
Oktober	52	170	51	57	54	140	88	143
November	42	108	38	49	48	84	50	93
Dezember	35	111	38	49	40	78	54	90
Jahr	652	1623	540	646	628	1565	967	1465

Bayern:	Naabgebiet		Pegnitz-gebiet		Tauber-Main-gebiet		Rheingebiet		Mosel-gebiet	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	mm									
Januar	41	101	36	83	39	47	25	59	54	60
Februar	28	77	24	65	34	38	24	48	49	52
März	39	82	40	60	45	55	40	69	71	76
April	39	85	34	74	39	54	34	60	60	63
Mai	51	83	33	56	47	55	36	46	56	57
Juni	37	57	32	61	39	70	59	77	63	76
Juli	73	87	54	85	60	75	42	70	43	45
August	75	104	66	89	70	89	64	90	86	93
September	42	72	46	66	54	58	66	74	73	74
Oktober	48	122	51	104	66	68	46	65	63	68
November	39	92	33	81	44	49	36	59	61	66
Dezember	44	99	35	73	39	51	29	62	59	65
Jahr	432	905	476	657	483	685	458	652	574	801

Württemberg	von	bis
	mm	
Januar	40	140
Februar	30	140
März	40	160
April	50	140
Mai	50	140
Juni	70	160
Juli	80	180
August	60	160
September	50	140
Oktober	60	160
November	35	120
Dezember	35	180
Jahr	615	1926

Die Niederschläge betragen in Schweiz:

	Mittelland von	Mittelland bis	Jura von	Jura bis	Nordhang der Alpen von	Nordhang der Alpen bis	Rigikulm	Engadin von	Engadin bis
					mm				
Januar	42	77	34	129	35	97	50	35	44
Februar	45	108	33	140	34	108	59	27	34
März	51	120	41	187	38	124	71	47	61
April	65	126	52	163	44	145	117	57	74
Mai	81	160	67	174	55	170	164	66	87
Juni	75	208	90	208	88	232	241	86	93
Juli	79	208	86	193	108	258	265	110	115
August	90	176	82	170	120	237	242	108	117
September	80	180	82	157	101	191	190	104	112
Oktober	74	135	75	214	63	159	124	88	106
November	50	97	47	144	40	100	71	60	73
Dezember	52	127	49	154	41	118	72	50	58
Jahr	855	1726	784	2033	859	1822	1666	838	973

Schweiz:

	Wallis von	Wallis bis	Südhang der Alpen von	Südhang der Alpen bis
		mm		
Januar	31	84	47	123
Februar	41	81	44	109
März	43	88	82	214
April	32	109	97	239
Mai	35	139	137	254
Juni	43	106	119	209
Juli	58	116	141	225
August	72	115	165	240
September	62	130	136	233
Oktober	54	145	172	311
November	41	118	106	248
Dezember	54	99	56	133
Jahr	566	1306	1388	2519

	Böhmen, Mähren, Schlesien	Ostgalizien, Bukowina, Siebenbürg.	Österreich, Salzburg, Obersteierm.	Tirol mit Vorarlberg	Kärnten, Krain
			mm		
Januar	45	44	62	80	110
Februar	32	29	52	57	82
März	38	37	52	46	69
April	45	51	73	80	96
Mai	45	51	73	92	96
Juni	64	88	104	103	123
Juli	83	110	125	138	123
August	77	102	135	150	123
September	77	80	135	138	123
Oktober	51	51	94	103	137
November	38	44	62	80	151
Dezember	45	44	73	80	137
Jahr	640	730	1040	1150	1370

Die Niederschläge betragen in

	Ungarische Ebene	Südwestungarn Kroatien, Slavonien
Januar	41	75
Februar	30	56
März	24	47
April	35	66
Mai	47	75
Juni	65	85
Juli	77	103
August	59	85
September	53	85
Oktober	53	85
November	59	94
Dezember	47	85
Jahr	590	940

	Nord-Griechenland	Baltische Küste	Ostsee-Provinz	Polen	Rußland: Mittleres	Rußland: Südliches
			mm			
Januar	64	34	28	23	22	17
Februar	53	28	22	29	18	22
März	53	28	28	34	22	26
April	27	28	28	34	31	30
Mai	27	45	50	51	44	47
Juni	16	45	55	68	53	60
Juli	5	56	72	80	62	56
August	16	67	77	74	48	43
September	21	62	61	51	44	34
Oktober	69	67	50	46	31	30
November	90	62	44	40	35	34
Dezember	90	39	39	40	31	30
Jahr	530	560	550	570	440	430

	Spanien und Portugal von	Spanien und Portugal bis	Spanien Nordrand	Pogebiet	Mittel-Italien	Süd-Italien	Sizilien
				mm			
Januar	25	109	142	47	67	80	84
Februar	26	108	103	47	59	64	60
März	30	98	129	57	76	72	66
April	26	63	103	73	67	72	48
Mai	17	63	103	81	59	56	18
Juni	6	45	77	73	59	32	12
Juli	0	18	39	57	34	16	0
August	0	36	52	65	50	40	6
September	11	63	103	65	76	64	48
Oktober	37	81	142	97	109	96	84
November	22	136	142	81	101	104	84
Dezember	25	126	155	65	84	104	90
Jahr	310	900	1290	810	840	800	600

Die Niederschläge betragen in Frankreich:

	Unteres Rhonetal	Landes	Mittlerer Westen	Zentral-Frankr.	Norden ohne Küste	Nordwest-Küste
				mm		
Januar	61	91	59	43	50	78
Februar	52	80	46	43	37	55
März	61	114	46	50	43	55
April	70	91	46	50	43	47
Mai	87	125	59	71	62	62
Juni	52	103	53	71	56	47
Juli	44	57	46	57	56	55
August	52	68	46	64	56	55
September	113	91	66	71	56	70
Oktober	122	125	73	78	62	94
November	96	103	66	64	50	86
Dezember	61	91	53	50	50	78
Jahr	870	1140	660	710	620	780

	Belgien	Holland	Dänemark
		mm	
Januar	54	47	42
Februar	41	40	42
März	48	47	36
April	48	40	30
Mai	54	54	36
Juni	61	60	54
Juli	61	67	60
August	68	74	66
September	61	67	72
Oktober	68	60	60
November	61	60	54
Dezember	54	54	48
Jahr	680	670	600

6. Die Gebiete mit geringen, mittleren und hohen Niederschlägen mögen zusammengefaßt werden.

I. Die Niederschlagsmenge einzelner Monate bleibt unter 100 mm zurück: In Preußen: Westpreußen, Posen, Ostpreußen, Brandenburg, Pommern, Schlesien, mit Ausnahme vom Riesengebirge; Westfalen größtenteils bis 400 m ü. M., Hessen-Nassau, Rheinland (außer Remscheid und Solingen), Schleswig-Holstein, Hannover, Braunschweig, mit Ausnahme des Harzes; Sachsen ohne Erzgebirge; Hessen.

In Bayern: Altmühlgebiet, Main- und Saalegebiet um Kissingen, Regnitzgebiet um Nürnberg, Tauber- und Maingebiet, Regen-, Naabgebiet (Amberg): vom Inngebiet Passau; Pfalz.

Württemberg: Nord- und Ostgegend,

In Baden: Gegend von Karlsruhe bis Mannheim, Odenwald, Bauland.

In Elsaß-Lothringen: Rheintal und Lothringen.

In der Schweiz: mittleres Wallis um Sion, Genf (ohne Okt.), Basel bis Schaffhausen.

Rußland, Dänemark, Schweden, Norwegen, England, Belgien, Holland, Frankreich ohne Pyrenäen, Spanien, Portugal, Griechenland, Türkei, Österreich außerhalb des Gebirges, Ungarn.

II. Die Niederschlagsmenge beträgt 100—120 mm: Westfalen höhere Lagen, im Rheinland nur Remscheid, Solingen, Erzgebirge.

In Bayern: Donaugebiet um Mindelheim.

In Württemberg: Schurwald und Welzheimerwald, Alb, nördliches Oberschwaben.

In Baden: Bodenseegegend bis Freiburg.

Im Elsaß: Vogesen, Mittellagen.

In der Schweiz: Mittelland dem Jura entlang, Engadin; Frankreich: Pyrenäen, Landes; Süd- und Mittelitalien: Pogebiet, Ostküste der Adria; Österreich: Böhmerwald.

III. Die Niederschlagsmenge überschreitet 120 mm: Riesengebirge, Harz.

In Bayern: Illergebiet um Immenstadt, Lechgebiet um Kaufbeuren, Bayerischer Wald, Isargebiet (München bis Zugspitze), Inngebiet (Berchtesgaden, Rosenheim), Bodenseegebiet.

In Württemberg: westlicher Schwarzwald und südliches Oberschwaben.

In Baden: westlicher Schwarzwald.

In Elsaß-Lothringen: Vogesen hohe Lagen.

In der Schweiz: Südhang der Alpen, Gegend von St. Gallen, südlicher und westlicher Jura, Täler des Nordhangs der Alpen, Südfuß der italienischen Alpen.

Österreichische Alpen[1]).

7. Bei der Beurteilung der Niederschlagsmengen und ihres Einflusses auf die Pflanzenwelt muß die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit mit in Betracht gezogen werden.

In der ungarischen Tiefebene, wie in einem sehr großen Teile von Deutschland fallen 5—600 mm Niederschlag. Hier beträgt die Jahrestemperatur 7—8°, in Ungarn dagegen 10—12°. Ich füge noch einige weitere Vergleiche an.

	Normalhöhe m	Niederschlagsmenge mm	Jahrestemperatur °	Julitemperatur °
Baden-Baden	127	1067	9,1	18,3
Höchenschwand . . .	1005	1061	5,5	14,5
Heidelberg	120	683	10,0	19,2
Donaueschingen . . .	692	687	6,1	16,1
Locarno	239	1940	11,8	21,9
Oberiberg	1126	1778	5,2	14,4
Wien (Hohe Warte) .	202	623	9,2	19,6
Zwettl	525	688	6,2	16,5
Raxalpe	1820	1197	0,4	8,8
Altenberg	790	1194	5,5	15,0

Dieselben Niederschlagsmengen, aber um 3—6° verschiedene Temperaturen. Wenn es jeden Monat über 100 mm regnet, wird bald ein großer Teil verdunsten und der Boden sich rasch wieder erwärmen, bald eine niedrige Temperatur dauernd sich halten und die Verwesung von Laub und Nadeln verhindern (Bildung von Rohhumus, Trockentorf, Versumpfung und Vermoorung).

[1]) Nach Sonklar.

Für das Abfließen des Regenwassers ist die Gestaltung des Geländes von entscheidendem Einfluß. Die hohen Niederschläge treten fast ausschließlich in Gebirgsgegenden auf, in denen die Entwässerung durch die natürliche Hanglage eintritt. Die oberen Bodenschichten sind selbst bei 2000 mm nicht naß, sofern nicht der Untergrund undurchlassend ist.

Die Übersicht zeigt deutlich, wie die Ausdrücke „feuchter Boden", „trockener Boden" sehr unbestimmt sind. Wo es nur 40—50 mm regnet, wird der „trockene" Boden einen viel geringeren Wassergehalt haben, als dort, wo im Monat 120 mm Regen fallen (hiebei ist von der Temperatur abgesehen). In einem „trockenen" Jahr fallen in Salzburg noch über 1000 mm; in Norddeutschland spricht man von ansehnlichen Regenmengen, wenn 7—800 mm verzeichnet werden können.

Für praktische, wie wissenschaftliche Zwecke sind die oft gebrauchten Ausdrücke: trockener Boden, trockenes Jahr nur ganz unsichere Grundlagen, wenn weitere Schlüsse und Vergleichungen auf sie gestützt werden sollen. Bei der Frage der Bonitäten-Unterscheidung wird dieser Punkt eine wichtige Rolle spielen.

§ 54. Zahl der Tage mit Niederschlag. Trockenperioden. Regendichte.

1. Für die Bodenkultur von Wichtigkeit ist nicht nur die gesamte Niederschlagsmenge eines Monats oder Jahres, sondern auch die Zahl der Tage, auf welche dieser Niederschlag sich verteilt. Von einschneidender Bedeutung sind sodann die Trockenperioden, innerhalb deren überhaupt kein Niederschlag erfolgt. Endlich hängt die Anfeuchtung des Waldbodens unter dem geschlossenen Bestande hauptsächlich von der Dichtigkeit des Regenfalls ab.

Die Unterschiede einzelner Gegenden nach diesen Beziehungen sind, soweit Material vorhanden ist, in den folgenden Zahlenangaben enthalten.

2. Die Zahl der Tage mit Niederschlägen und Schnee ist in Grenzwerten angegeben. Sodann sind die Stationen mit den wenigsten und den höchsten Zahlen, die Monate mit den geringsten und höchsten Niederschlagstagen beigefügt.

	Zahl der Tage		Einzelne Monate. Zahl der Tage mit Niederschlag
	m. Niederschlägen überhaupt	mit Schnee	
Preußen[1])			
Ostpreußen . . .	170—185	55—70	April, Juni, Sept. 11—13 Nov., Dez. 16—18
Westpr. und Posen	160—175	40—55	Febr., Mai, Juni, Sept. 11—12 Dezember 15—17

[1]) Nach Hellmanns Regenkarten.

	Zahl der Tage m. Niederschlägen überhaupt	Zahl der Tage mit Schnee	einzelne Monate. Zahl der Tage mit Niederschlag
Schlesien	160—185 im Riesengebirge 195—200	35—45 73—100	Febr., Sept. 8—9 Juli 15—18
Brandenburg, Pommern . . .	150—190	30—60	Dez., Juli, Aug. 15—19 April 11—14
Sachsen	150—180 Brocken 250	30—40 Harz, Thür. Wald 100	Juli, März, Dez. (14—18) Sept. (Febr.) 11—12
Schleswig-Holstein, Hannover . . .	165—195	20—36	Küste: Okt., Nov. 16—20 Binnenland: Juli 15—18 Küste: April die wenigsten; Binnenland: September 12—13
Westfalen	165—170 höhere Lagen 200	30—32 in Tieflagen	Juli 15—16 April (Sept.) 11—12
Hessen-Nassau, Rheinland . . .	155—185	27—32 im Tiefland (in den Höhen wohl 50—60)	Binnenland: Juli 15—17 Nordwesten: Nov., Dez., April (Sept.) 11—12

Österreich [1])	Tage mit Niederschlag	Tage mit Schnee (an den einzelnen Stationen)	
Niederösterreich:			
Waldviertel . .	140	20—53	Juni, Juli 15. Nov., Febr. 9.
Viertel unter dem Manhartsberg .	112	18—25	Juni 12., Juli 11. Febr. 7., Nov. 8.
Viertel ob dem Wienerwald . .	125	29—75	Juni, Juli 14. Nov., Febr. 8.
Viertel unter dem Wienerwald . .	130	Wienerwald 32 Schneeberg 79	Juni 14., Juli 13. Febr., Nov. 9.
Steiermark:			
Oberland . . .	121	38	Juni 15., Juli 14. Febr., Nov. 7.
Mittelland . . .	100	20	Juni 13., Juli 11. Dez., Febr. 5.
Unterland . . .	108	19	Juni 12., Juli 10. Jan., Febr. 6.

[1]) Klimatogr. von Österreich.

Salzburg:	Tage mit Niederschlag	Tage mit Schnee
Salzburg	176	43
Zell am See	130	30
Bad Gastein	139	49
Schmittenhöhe 1935 m	172	101
Sonnblick 3160 m	222	186

Schweiz: [1])	Tage mit Niederschlag	Tage mit Schnee
Mittelland	130—168	18—49
Jura	135—160	21—54
Alpengebiet: Täler des Nordhangs	111—169	25—73
Gipfelstationen (Rigi, Pilatus, Säntis)	163—189	96—149
Engadin	91—132	31—64
Wallis, Rhonetal bis Genfersee	91—137	14—79
Alpengebiet: Südhang der Alpen	119—147	12—84

	Niederschlagstage überhaupt		Niederschlagstage überhaupt
Spanien im Westen	115—173	Frankreich Südküste	66—92
im Innern und Osten und Süden	46— 93		
Italien	82—127	Japan	133—231
Adria	88—145	Nordamerika atlant.	
Balkanhalbinsel	67—152	Staaten	116—172
Griechenland	61—111	westl. Staaten	39—163

3. Einige Angaben mögen die Bedeutung der Trocken- und Regenperioden nachweisen.

	Längste Trockenperioden	Längste Regenperioden
Ostpreußen [2])	25 Tage	30 Tage
Schlesien	40 „	30 „
Brandenburg, Pommern Küste	30 „	25—30 „
Binnenland	40 „	
Sachsen	25 „	15 „
Westfalen	28 „	23 „
Niederösterreich [3])	46 „	10 „
Obersteier	41 „	12 „
Untersteier	42 „	11 „

4. Durchschnittlich im Jahre gibt es Trockenperioden

	von 5—9	10—14	15—19	mehr als 20 Tagen
Görlitz	10,2	1,9	0,5	0,1
Frankfurt a. O.	10,9	2,4	0,8	0,1
Berlin	10,4	1,9	0,6	0,1
Stettin	10,0	1,8	0,3	0,1
Torgau	10,1	2,0	0,5	0,2
Gütersloh	8,9	1,8	0,8	0,2

[1]) Klima der Schweiz.

[2]) Nach Hellmann.

[3]) Klima v. Österreich.

5. Schweiz. Längste Dauer der größeren Trockenperioden

Genf	62 Tage	Oktober	Langenbruck .	45 „	April
Neuchâtel . .	60 „	Februar	Lohn	52 „	April
Bern	48 „	April	Chaumont . .	62 „	Februar
Zürich . . .	45 „	April	Martigny . .	51 „	Sept.
St. Gallen . .	39 „	April	Lugano . . .	67 „	Sept.
Basel	65 „	Februar			

Für Zürich ergeben die Beobachtungen[1]) von 37 Jahren (1864—1900):

Trockenperioden von	10—12	13—16	17—22	23—26	27—30	31—35	36—40	41	45 Tagen
Zahl der Fälle . .	89	54	39	9	3	3	2	1	1

Schon eine Periode von 10—12 Tagen ist nicht häufig. Im Winter sind die Trockenperioden an sich viel häufiger, als im Sommer.

6. Ebenso wichtig für praktische Zwecke der Bodenkultur ist die Häufigkeit der Niederschläge von verschiedener Intensität, also die Zahl der Tage mit einer Niederschlagshöhe von 1—5, 6—10, 11—15 mm usw.

Großmann[2]) hat für die Küsten der Nord- und Ostsee die Häufigkeit der Tage mit bestimmten Regenmengen zusammengestellt.

Tage mit Regen . >	0,0	0,2	1,0	5,0	10,0	20,0 mm Niederschl.-Höhe
Auf 100 Regentage .	100	87	64	23	8	0,32
Auf 100 Tage im Jahre	51	45	32	12	4	0,16

In Basel liefern nach Riggenbach die Niederschläge von mehr als 10mm durchschnittlich die Hälfte der jährlichen Regenmengen (zwischen 30 und 70 % schwankend).

Ein Regentag von mittlerer Intensität (in Deutschland ca. 5 mm) gehört schon zu den ergiebigen Regen, die Mehrzahl aller Tage mit Niederschlag liefert erheblich weniger.

7. Einer Zusammenstellung der Regenintensitäten für Bayern[3]) entnehme ich einige Angaben. Sie zeigen deutlich, wie groß die Unterschiede der Dichtigkeit im Gebirgsteil und im nördlichen Bayern sind und wie sehr oft nahe beieinander liegende Stationen in der Dichtigkeit des Regens verschieden sind.

	Anzahl der Niederschlagstage mit			
	0,1	1,0	10,0	20,0 mm
Oberstdorf	164	140	52	20
Kempten	170	128	35	8
Dinkelsbühl	146	116	16	5
Füßen	156	134	33	10
Augsburg	141	106	15	1
Eichstätt	187	101	7	0
Regensburg	152	97	8	1
Herzogstandhaus . . .	183	149	51	19

[1]) Klima der Schweiz 1, 122.

[2]) Hann, Met. [2] 241.

[3]) Jahrbuch des K. Bayer. Hydrotechnischen Bureaus für das Jahr 1911. 13. Jahrgang.

	Anzahl der Niederschlagstage mit			
	0,1	1,0	10,0	20,0 mm
München	182	112	17	4
Tegernsee	176	140	37	8
Lindau	156	113	31	7
Speyer	203	94	8	1
Pirmasens	116	94	11	0
Kronach	161	109	19	5
Nürnberg (Lichtenhof) .	125	87	8	1
Bamberg	262	85	6	0
Würzburg	150	90	9	2
Rhönhaus	191	121	18	2
Aschaffenburg . . .	171	100	7	1
Wunsiedel	198	110	18	2

8. Eine Untersuchung über „die Niederschläge im Walde"[1]), von der unten noch näher die Rede sein wird, hat mich veranlaßt, diese Verhältnisse für 17 schweizerische Stationen zu berechnen. Die Gegensätze in der Schweiz veranschaulicht folgender Auszug aus der aufgestellten Tabelle. Von der jährlichen Niederschlagsmenge fallen Prozente

auf die 0,1—5,0 mm starken Niederschläge

in Basel 23,4, Bern 19,9, Zürich 16,4, Lugano 7,3, Rigikulm 9,6,

auf die über 50 mm starken Niederschläge

in Lugano 25,6, Rigi 19,5, Neuenburg 1,1, Genf 3,1, Basel 3,3, Zürich 5,1.

9. Über die Regendichtigkeit, die man durch Division der Niederschlagsmenge mit der Niederschlagshäufigkeit erhält, stehen nur wenige Zusammenstellungen zur Verfügung. Diese Lücke macht sich bei Untersuchungen forstlicher Verhältnisse um so mehr geltend, als die durch die Baumkronen tropfende Wassermenge hauptsächlich von der Dichtigkeit des Niederschlags beeinflußt ist.

Da die Zahl der Regentage nur unbedeutend voneinander abweicht in Gegenden mit niedrigen und hohen Regenmengen, so muß in Gegenden mit hohen Niederschlägen auch die Regendichte größer sein.

Beim Festschlagen des Bodens durch Regen wird dieser Punkt eine Rolle spielen.

In Berlin[2]) beträgt die Regendichte im Winter 2,7 mm, im Juni und Juli 5,2, im Jahr 3,6 mm. In verschiedenen Klimaten ist die Regendichte sehr verschieden: in Norddeutschland 3,5—4,5 mm, in Süddeutschland 5,5—8,3 mm.

---

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 2, 126.

[2]) Hann, Met. [2] 239.

§ 55. Die Schneefälle.

1. Ein Teil der Niederschläge erfolgt in nicht allzu niedrigen Lagen in der Form des Schnees. Mit zunehmender Meereshöhe steigt der Anteil des Schnees an der gesamten Niederschlagsmenge. Genauere Untersuchungen liegen nur wenige vor. Für die Schweiz sind einige Zahlen zusammengestellt worden[1]).

In Basel liefert der Schnee Schmelzwasser 56 mm, in Lugano 95, in Zürich 115, in Luzern 116; in Engelberg 436, in Davos 394, in Sils-Maria 427, auf dem St. Bernhard 911, auf dem Säntis 1756 mm. 1 cm Schnee liefert etwa 1 mm Schmelzwasser.

Bis 500 m entfallen von der Niederschlagsmenge auf Schnee 10 %, bei 800 m 20, bei 1000 m 30, bei 1500 m 40, bei 1800 m 50, bei 2000 m 60 %.

Mit der Erhebung über das Meer wächst die Bedeutung des Schneefalles. In den Mittelgebirgen nehmen in den Wintermonaten die Niederschläge[2]) an den Abhängen bis zu einer bestimmten Seehöhe zu, so daß die Mittelgebirge als Inseln mit vorwiegenden Winterniederschlägen in dem großen Gebiete der Sommerregen Mitteleuropas auftreten.

Nach Hellmanns Regenkarten beträgt der Anteil des Schnees am gesamten Niederschlag Prozente in

Ostpreußen: Königsberg 13 (im Februar und März mehr als 50);

Schlesien: in der Ebene 13—18 (im Januar 50);

Brandenburg: Berlin 13 (im Januar und Februar je 41);

Hannover: Oldenburg 6 (Januar 16), Göttingen 8 (Januar 25), Klaustal am Harz 27 (Januar 57);

Westfalen: Gütersloh 8 (Januar 21).

Da die gesamte Niederschlagsmenge etwa 600 mm beträgt, so fallen in Norddeutschland nur 60 bis 80 mm in der Form des Schnees, während in der Schweiz die fünffache Schneemenge niedergeht.

Für Sachsen betragen[3]) die als Schnee fallenden Niederschläge in der

Meereshöhe von	% des ganzen Niederschlags
100	6 = 34 mm
300	15 = 105 ,,
500	22 = 176 ,,
700	26 = 234 ,,
900	30 = 306 ,,
1200	35 = 416 ,,

Da im Winter weniger verdunstet, wird die Menge des einsickernden Wassers (wenn der Boden nicht gefroren ist) in den Höhenlagen größer sein. Dadurch wird der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, die Bewegung des Wasserstandes der Flüsse, die Höhe des Grundwassers beeinflußt und ein erheblicher Unterschied gegenüber den tieferen Lagen hervorgerufen werden.

---

[1]) Klima der Schweiz 1,88.

[2]) Hann, Met. ² 261. Hellmann, Met. Zeitschrift 1887. 84; 1897, 31. Supan, Peterm. Geogr. Mitt. Ergänzungsheft 124.

[3]) Klima des Kgr. Sachsen, VII, 9.

Auch werden die unten aufgeführten Wirkungen einer Schneedecke in Mittelgebirgen in erhöhtem Maße eintreten.

2. Frühe und späte Schneefälle — auch in Lagen bis 300 m herab erfolgt Schneefall manchmal schon im September und noch im Mai; über 1500 m gibt es keinen Monat ohne Schneefall — können der Vegetation sehr verderblich werden (Verheerungen an belaubten Laubbäumen, Tötung empfindlicher Gewächse, keimender Samen).

3. Die Schneehöhe erreicht in niederen Lagen nur wenige Zentimeter, in hohen Lagen dagegen vielfach 1—2, an einzelnen Stellen 5—6, selbst 8—9 m.

4. Die mittlere Zahl der Tage mit Schneedecke ist je nach der Seehöhe verschieden.

Für die Schweiz [1]) beträgt sie in Lugano 24, Genf 16, Basel 25, Zürich 51, St. Gallen 74, Engelberg 141, Sils-Maria 192 Tage.

Sehr ausgedehnte Beobachtungen (644 Stationen) werden in Bayern angestellt. Der neuesten Veröffentlichung [2]) sind die folgenden Angaben für den Winter 1910/11 entnommen. Die Zahl der Tage mit Schneedecke (nach Flußgebieten) beträgt in: Ulm 72, Oberstdorf 134, Oberjoch 171, Immenstadt 124, Kempten 88, Donauwörth 60, Eichstätt 70, Eisenstein 153, Regensburg 57, Eibsee 156, Linderhof 158, Passau 67, St. Anton a. Arlberg 153, Tegernsee 119, München 73, Radhausberg 222, Speyer 29, Trippstadt 73, Nürnberg 39, Kreuzberg i. d. Rhön 134, Aschaffenburg 18, Rohrbrunn 83.

In Sachsen dauert die Schneedecke [3]):

Meereshöhe	Tage	Meereshöhe	Tage
100	55	700	127
300	79	900	151
500	103	1200	186

5. Von der Schneedecke beeinflußt sind mancherlei Arbeiten im Walde. Wo sie hoch ist, verbietet sie die Winterfällung und führt zur Frühlings-, Sommer- oder Herbstfällung. Der Schutz, den die Schneedecke den jungen Pflanzen gewährt, beeinflußt ebenfalls die Zeit der Fällung und der Abfuhr des Holzes. Erfolgt letztere auf Schnee, so ist sie rascher und billiger auszuführen, aber die Verwundung des Bodens und damit die Erleichterung der Ansamung fällt weg. Das Ausfrieren der Pflanzen wird durch eine Schneedecke verhindert. Die Frühjahrsarbeiten (Bodenbearbeitung, Säen, Pflanzen) sind vom früheren oder späteren Wegschmelzen der Schneedecke in ihrem Beginn und Fortgang abhängig.

6. Der Schnee drückt den Samen an den Boden an, hält die großen Temperaturschwankungen von ihm ab und erweicht die Samenschalen. Dadurch wird vielleicht der Keimprozeß günstig beeinflußt.

---

[1]) Klima der Schweiz.

[2]) Die Schneedecke in Bayern 1908/09, 1909/10, 1910/11. München 1911.

[3]) A. a. O. VII, 9.

7. Die Schneedecke wirkt auf die Temperatur des Bodens ein, indem sie den Boden vor Abkühlung schützt, wenn die Lufttemperatur unter 0° beträgt. Dagegen wirkt sie bei Temperaturen über 0 abkühlend. Unter Schnee beträgt die Temperatur fast immer 0°.

Der Boden ist unter Schnee in der Regel mit Wasser von 0° erfüllt, was im Frühjahr das Steigen der Bodentemperatur verlangsamt. Nur im Hochgebirge verursacht die starke Insolation eine sofortige Erwärmung des schneefrei gewordenen Bodens.

8. Die Lufttemperatur ist über Schnee tiefer, als über schneefreiem Boden.

9. Die Verdunstung von Wasser aus dem Boden, sowie durch die Pflanzen, wird durch die Schneedecke sehr bedeutend herabgesetzt, wodurch die Pflanzen, namentlich in höheren Lagen, vor dem Vertrocknen bewahrt werden.

10. Die Pflanzen werden durch die Schneedecke vor Frost geschützt. Der Schutz gegen Vertrocknen scheint aber wichtiger zu sein.

11. Die Belastung des Bodens und der Pflanzen durch Schnee verursacht die Krümmung der jungen Pflanzen an geneigtem Standort, das Andrücken der Pflanzen an den Boden, das Verkleben der Nadeln mit dem im Schneewasser enthaltenen Lehm, was insbesondere bei jungen, 1—4 jährigen Föhren und Fichten das Absterben zur Folge hat.

12. In hohen Lagen tritt die Bildung von Lawinen auf, die in den Waldungen und auf dem sonstigen Gelände erheblichen Schaden anrichten können.

13. Die Belastung der Bäume durch Schnee führt zu Schneebruchschaden, der zunächst an einzelnen Stämmen als Gipfelbruch auftritt und so die ersten Lücken in den geschlossenen Bestand reißt. Von diesen nimmt weiterer Schnee- und Windschaden seinen Ausgang. Die Bäume werden teils gebrochen, teils mit den Wurzeln herausgerissen. In höheren Lagen reißt die zusammensinkende Schneemenge, in welcher die Äste vielfach eingefroren sind, die Äste vom Stamme ab, was die Aufforstungen im Hochgebirge sehr erschwert. Am Hange werden die jungen Pflanzen vom gleitenden Schnee mit zu Tal gerissen.

14. Die Schneelinie hat eine entscheidende Bedeutung für waldbauliche Zwecke. Die Baumgrenze befindet sich etwa 800 m unter der ständigen Schneelinie. Man unterscheidet neben der klimatischen, durch die Temperatur und die Höhe der Winterniederschläge beeinflußten Schneelinie die orographische Schneelinie, wie sie durch schattige Schluchten und Risse bedingt wird. Die letztere ist je nach der Exposition 300—360, im Mittel 325 m tiefer, als die klimatische Grenze. Die Waldgrenze fällt vielfach mit den Schneegrenzen zu gewissen Jahreszeiten zusammen. In den meteorologischen Berichten erscheint häufig die Bemerkung: Schneefall bis zur oberen Waldgrenze herab etc. Im allge-

meinen findet man da, wo erst im Juni der Schnee wegschmilzt, keine Holzpflanzen mehr.

Die Exposition und die nördliche Breite sind von entscheidendem Einfluß auf die temporäre Schneegrenze[1]).

Am Harz schmilzt der Schnee Mitte Mai bei 1150 m; am Säntis ist der Schnee dann schon bis ca. 1300 m, an der Südexposition des Inntales bei Innsbruck auf 1700 m, an der Nordexposition auf 1540, in den Tauern auf 1800 zurückgewichen. An der temporären Schneegrenze herrscht eine mittlere Temperatur von 7 °.

§ 56. Die Niederschläge im Freien und im Walde.

1. Die Niederschlagsmengen, die von den meteorologischen Stationen im offenen Lande, im Freien erhoben werden, können nicht ohne weiteres auf den Wald übertragen werden. Auf Ödungen, größeren Blößen, auf Kahlschlägen innerhalb des Waldes wird allerdings die Niederschlagsmenge im allgemeinen von jener der meteorologischen Stationen nicht oder höchstens ganz unbedeutend verschieden sein[2]).

Dagegen wird unter den Kronen einzelner Bäume, unter dem Kronendach eines Bestandes nur ein Teil der Niederschläge zum Boden gelangen, weil ein anderer Teil von den Blättern, Nadeln, Zweigen, Ästen, auch vom Stamm aufgefangen wird und größtenteils wieder verdunstet.

Die Bestockung einer Waldfläche ist selten gleichmäßig. Bäume verschiedener Höhe, verschiedener Kronenlänge und Kronenbreite, der mehr oder weniger dichte Stand der einzelnen Pflanzen, werden stets einen Wechsel in der Dichtigkeit des Kronendaches herbeiführen.

Durch die zahllosen kleineren und größeren Lücken wird außerdem eine große Mannigfaltigkeit in den Schlußverhältnissen eines Bestandes und damit in der an den Boden gelangenden Niederschlagsmenge hervorgerufen. Nach Schneefällen kann man sich beim Gang durch den Wald leicht von diesem Wechsel der Bedingungen überzeugen. Auch bei Regen wird das Aufschlagen der Regentropfen auf den Schirm vom Wechsel der Schlußverhältnisse Zeugnis geben.

2. Über die von den Baumkronen zurückgehaltenen Wassermengen sind seit langer Zeit genaue Beobachtungen angestellt worden.

Krutzsch[3]) in Tharandt führte die ersten aus und organisierte die systematischen Beobachtungen 1863. Ebermayer[4]) leitete 1864

[1]) Hann a. a. O. ³I, 265 f.

[2]) Die genauesten Untersuchungen hat Hamberg für Schweden angestellt. (Schwedisch und französisch.) De l'influence des forêts sur le climat de la Suède. Eaux tombées. 1896.

[3]) Thar. Jahrbuch 15, 72; 16, 216.

[4]) Ebermayer, Die physik. Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. 1873.

ähnliche Beobachtungen in Bayern, Mathieu[1]) 1866 in Frankreich, Fankhauser[2]) 1869 im Kanton Bern ein.

In Deutschland[3]) wurden 1874 forstlich-meteorologische Stationen errichtet; an fast allen Stationen wurden die Beobachtungen 1897 eingestellt.

In Österreich[4]) wurden 1885—87 forstlich-meteorologische Beobachtungen angestellt.

Die schweizerische forstliche Versuchsanstalt errichtete 1890 zwei Gruppen von Stationen[5]).

In Württemberg wurden 1904 beim Versuchsgarten in der Nähe von Tübingen neue Beobachtungen begonnen.[6])

3. Die Ergebnisse aller dieser Beobachtungen sollen nun zunächst zusammengestellt werden.

Tabelle 17.

Die Niederschlagsmengen im Freien und im Walde.

I. Unter Buchen (und Laubholz).

Station	Alter des Bestandes Jahre	Niederschlagsmenge		Unt. d. Best. % d. Niederschlagsm. im Freien	Es wurden vom Kronendach zurückgehalten	
		im Freien mm	unt. d. Best. mm		mm	% d. Niederschlagsm. im Freien
1. Neumath	45	717	577	80	140	20
2. Melkerei	60	1591	1184	74	407	26
3. Mariental . . .	60	541	371	68	170	32
4. Friedrichsroda .	65	651	504	77	147	23
5. Hadersleben . .	70	730	552	76	178	24
6. Lahnhof	80	1003	716	72	287	28
7. Großholz	100	660	480	73	180	27
8. Adlisberg . . .	20	980	899	92	81	8
9. ,, . . .	60	1061	815	77	246	23
10. ,, . . .	80	1061	880	83	181	17
11. Haidenhaus . .	50	912	666	73	246	27
12. Ebrach	50	679	568	84	111	16
13. Johanneskreuz .	60	1012	767	76	245	24
14. Rohrbronn . . .	60	1091	911	84	180	16
15. Pruntrut	60	1927	1734	90	193	10
16. Nancy (Laubholz)	—	932	649	70	283	30
17. Cinq Tranchées bei Nancy (Laubholz)	40	801	733	92	68	8

[1]) Mathieu, Météorologie comparée agricole et forestière. 1878. Vergl. Wollny, Forschung. etc. 2, 422.

[2]) Mitt. der schweiz. V.-A. 1, 155. Wollny, Forschg. etc. 5, 316.

[3]) Müttrich, Jahresbericht über die Beobachtungsergebnisse der forstl. met. Stationen. 1. Jahrg. 1875 bis 23. Jahrg. 1897. Die Ergebnisse der Beobachtungen in Eberswalde finden sich als Beilage der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen.

[4]) Mitt. der Österr. V.-A. Heft 12, 1890. 13, 1892.

[5]) Billwiller und Bühler, Die forstl. met. Stationen. Mitt. d. Schweiz. V.-A. 1, 193. Bühler, Die Niederschläge im Walde. Daselbst 2, 127.

[6]) Mitteilungen der Württ. V.-A. 1, 13.

		II. Unter Fichten.				
1. Hollerath	45	876	572	65	304	35
2. Fritzen	45	612	437	71	175	29
3. Carlsberg	45	890	788	88	102	12
4. St. Johann	50	1158	632	55	526	45
5. Schmiedefeld . . .	60	1142	851	75	291	25
6. Adlisberg	20	1061	790	74	271	26
7. Haidenhaus . . .	40	923	486	53	437	47
8. Seeshaupt	40	886	646	73	240	27
9. Duschlberg	40	1446	1059	73	387	27
10. Nancy	—	848	397	47	451	53
11. Bern	40	1381	1068	77	313	23
		III. Unter Föhren.				
1. Schoo	20	795	514	64	281	36
2. Eberswalde	45	544	408	75	136	25
3. Hagenau	55	754	585	77	169	23
4. Kurwien	80	630	517	82	113	18
5. Altenfurth	36	636	460	72	176	28
		IV. Unter Tannen.				
Großholz	20	660	133	20	527	80
		V. Unter Lärchen.				
Interlaken	50	1579	1341	85	238	15
		VI. Ergebnisse der Beobachtungen in Schweden[1]).				
1. Dalboda bei Upsala	80jähr. Föhren	516	372	72	144	28
	Föhren alter Bestand	516	526	102[2])	—	—
	70jähr. Tannen	516	382	74	134	26
2. Adlerstagen . .	60jähr. Tannen	593	534	90	59	10
3. Sparhult	70jähr. Tannen	602	433	72	169	28

4. Die absoluten und relativen Zahlen bewegen sich innerhalb weiter Grenzen auch bei derselben Holzart. Die Aufstellung des Regenmessers wird die meisten Differenzen verursachen. Außerdem sind die Altersunterschiede und die Kronenausbildung der Bäume von erheblichem Einfluß, wie die eingehenden Untersuchungen von Hoppe[3]) dargetan haben.

Für praktische Zwecke lassen sich aus den vielen und langjährigen Beobachtungen gleichwohl Durchschnittswerte von hinreichender Genauigkeit ableiten.

Vom gesamten Niederschlag halten zurück die Baumkronen

von Föhren . . . . 175 mm oder Liter
,, Lärchen . . . . 200 ,, ,, ,,
,, Buchen . . . . 200 ,, ,, ,,
,, Fichten . . . . 300 ,, ,, ,,
,, Tannen . . . . 400 ,, ,, ,,

---

[1]) Hamberg, a. a. O. Seite 116.

[2]) Die Unregelmäßigkeit rührt von den Schneefällen her.

[3]) Hoppe, Regenmessung unter Baumkronen. Mitt. der Österr. V.-A., 21. Heft, 1896.

Welche Menge des Niederschlags dem bestockten Waldboden noch zukommt, hängt von der Niederschlagsmenge überhaupt ab. Die Bedeutung dieser Verhältnisse geht aus wenigen Gegenüberstellungen hervor.

Bei einer Niederschlagsmenge von mm	erhält der Waldboden noch mm unter Föhren	unter Buchen	unter Fichten	unter Tannen
400	225	200	100	—
500	325	300	200	100
700	525	500	400	300
1000	825	800	700	600
1500	1325	1300	1200	1100
2000	1825	1800	1700	1600

Bei einer Niederschlagsmenge von mm	erhält der Waldboden, % der Niederschlagsmenge unter Föhren	unter Buchen	unter Fichten	unter Tannen
400	56	50	25	—
500	65	60	40	20
700	75	71	57	43
1000	83	80	70	60
1500	88	87	80	73
2000	91	90	85	80

5. Die Frage, ob der Wald den Regen überhaupt vermehre, ist hier außer Betracht gelassen. Die Untersuchungen in Österreich haben ein negatives Resultat geliefert; diejenigen in Schweden und Preußen weisen auf einen geringen erhöhenden Einfluß (ca. 2 %) hin[1]. Jedenfalls ist der Einfluß so unbedeutend, daß er praktisch vernachlässigt werden kann.

6. Weit wichtiger sind die Beobachtungen von Hoppe, weil sie manche Erscheinung im Waldboden aufklären. Er weist nach, daß mehrere unter demselben Baume aufgestellten Regenmesser ganz verschiedene Regenmengen ergeben und daß Differenzen bis zu 50 % vorkommen können. Je weiter vom Stamme der Regenmesser aufgestellt ist, um so mehr erhält er Regenwasser.

Man hat bei den meisten Beobachtungen die Regenmesser da aufgestellt, wo sogenannter mittlerer Schluß angenommen wurde. Da dieser Schlußgrad schwer zu bestimmen ist, habe ich auf den schweizerischen Stationen Adlisberg und Haidenhaus, sowie an den Stationen bei Tü-

[1]) Schubert, Der Niederschlag in der Letzlinger Heide 1901—1905. Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen. 1907, Heft 8. Hier eine genauere Erörterung des Einflusses des Windes auf die Niederschlagsmessungen. Vergl. daselbst 1906, Heft 11.

bingen den Regenmesser da angebracht, wo der Schluß am dichtesten war. Auf diese Weise erfährt man die Einwirkung des Waldes an der Stelle, wo sie ihr Maximum erreicht. Auf allen anderen Stellen wird die durchtropfende Regenmenge höher sein.

7. Im übrigen werden diese theoretischen Annahmen durch die Beobachtungen nicht immer bestätigt. Auf den Stationen beim Haidenhaus wurden Beobachtungen unter verschiedenen Schlußverhältnissen angestellt, die in der nachfolgenden Übersicht näher bezeichnet sind[1]. Es waren 10 verschiedene Regenmesser aufgestellt. Bei der Vergleichung ist die im Freien (im Garten von Haidenhaus) gemessene Menge = 100 gesetzt.

	Ganzes Jahr	Dezember bis März	April bis Nov.
Im Freien:			
Garten beim Haidenhaus	100	100	100
Blöße im Buchenwald	99	97	99
Blöße im Fichtenwald	94	74	98
Buchenbestand, 50 jährig:			
Dicht geschlossen	75	105	70
Ziemlich licht geschlossen	77	104	73
Fichtenbestand, 40 jährig:			
Dicht geschlossen	55	62	54
Licht geschlossen	107	111	106
Unter einer Lücke	73	76	72
Fichtenbestand, 80 jährig:			
Geschlossen	62	56	63
Dicht am Stamme	59	55	60

Die Unregelmäßigkeiten sind bei Schneefällen am größten. Das Auffangen der Regen- und Schneemengen durch die Kronen muß je nach den Windverhältnissen verschieden sein, was durch die Beobachtung bei Schneefällen und insbesondere bei Schneebruchschaden bestätigt wird. Sodann wird bei Windstößen Schnee von entfernteren Ästen und Bäumen in den Regenmesser geweht.

8. Die schweizerischen und österreichischen Beobachtungen haben übereinstimmend ergeben, daß bei stärkeren Niederschlägen (über 10 mm) ein größerer Teil des Niederschlages zum Boden gelangt, als bei schwächeren.

Die Anfeuchtung des Waldbodens ist also verschieden, je nachdem in einer Gegend die schwächeren oder stärkeren Niederschläge vorherrschen.

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 1,35.

Die am Schaft ablaufende Regenmenge beträgt 2—8 % des Niederschlags; sie erhöht also die zu Boden gelangende Regenmenge um einen nicht sehr hohen Betrag.

9. Wenn die Niederschläge unter 1,0 mm betragen, gelangt im Walde meistens kein Niederschlag mehr auf den Boden, oder er ist so gering, daß er nicht mehr gemessen werden kann. Infolgedessen sind die Trockenperioden unter dem Kronendach länger als im Freien. Die Unterschiede auf den Stationen Adlisberg, Haidenhaus, Großholz bei Tübingen sind aber nicht so bedeutend, daß sie praktisch ins Gewicht fallen.

10. Die allgemeinen Regenkarten lassen den Einfluß der Bodengestaltung auf die Niederschlagsmenge deutlich hervortreten. Fast an jedem Gebirgszug ist die Luvseite durch höhere, die Leeseite durch geringere Niederschlagsmengen zu erkennen. Da die Hänge in der Regel bewaldet sind, so sind diese Verhältnisse für den praktischen Waldbau von großer Wichtigkeit.

In Mitteleuropa, insbesondere in Deutschland, haben — nach Hann[1]) — die Hauptregenwinde die Richtung zwischen SW und NW. Infolgedessen sind die Süd- und Westseiten der Gebirge regenreicher als die Nord- und Ostseiten. Gebirge jedoch, die von SW nach NE[2]) streichen, haben auf beiden Seiten fast gleiche Niederschlagsmengen.

Daß auf die Regenmengen Erhebungen des Geländes von nur 100 m schon einen Einfluß ausüben, hebt Hellmann in seinen Regenkarten bei sämtlichen Provinzen hervor. Selbst in wenig gegliederten Gegenden, wie in Ost- und Westpreußen, Schlesien, Brandenburg, „kann die Regenkarte ein Spiegelbild der Höhenschichtenkarte genannt werden“. Diese Verhältnisse erklären manche Erscheinungen der Vegetation im Walde, wie sie sich an West- und Osthängen, unten und oben am Hange etc. oft in kurzen Entfernungen bemerklich machen.

11. Wie verhält sich nun ein großer Waldkomplex? Übt er vielleicht einen ähnlichen, wenn auch schwächeren Einfluß auf die Niederschlagsmenge aus, wie ein Gebirgsrücken? Dann müßten die östlichen Teile eines großen Waldganzen trockener sein, als die westlichen.

Von Interesse ist eine Äußerung Hellmanns[3]) über den Spreewald (ca. 18 000 ha). „Es mag ausdrücklich bemerkt werden, daß der Spreewald keinerlei Einfluß auf Vermehrung der Niederschlagsmenge innerhalb des Waldes oder in der nächsten Umgebung ausübt“.

---

[1]) Hann, Met. [3] 235.

[2]) Der internationalen Vereinbarung gemäß wird für Ost die Bezeichnung E angewendet.

[3]) Regenkarte der Provinzen Brandenburg und Pommern, S. 12.

Die österreichischen Beobachtungen an den Radialstationen in Galizisch-Podolien, dem nordkarpathischen Vorlande und auf dem Thayaplateau in Niederösterreich[1]) haben ebenfalls zu einem negativen Resultate geführt. Zugegeben wird aber auf Grund der Beobachtungen, daß der Wald ein mechanisches Hindernis für die Fortbewegung der Luftschichten bilde, ein Ansteigen der Luftschichten und eine Erhöhung der Niederschläge auf der Luvseite des Waldes bewirken könne. Um irgend welche praktisch bedeutsame Mengen kann es sich bei 4—20 m hohen Beständen aber kaum handeln. Beobachtungen bei Tübingen werden dies näher dartun.

12. Im Versuchsgarten wurden rings um eine Pflanzung von Lawsons Cypressen, die 4 m hoch waren, vom 7. Mai bis 16. Juni Messungen vorgenommen. An 15 Tagen waren Niederschläge erfolgt. Das Maximum war bald auf der Nord-, bald auf der Ost-, Süd- oder Westseite zu beobachten; ein konstantes Verhältnis war nicht vorhanden. Das Gesamtergebnis ist folgendes, in relativen Zahlen ausgedrückt: Südseite 100, Westseite 99,9, Nordseite 98,3, Ostseite 97,9.

In unmittelbarer Nähe vom Versuchsgarten wurden um einen 100 jährigen Buchenbestand von 0,5 ha Ausdehnung Messungen vorgenommen. Auf allen 4 Seiten wurden während der Monate Juni bis September 1910 Regenmesser aufgestellt. Sodann wurden im August und September 1910 Gefäße unmittelbar am Bestandesrand und 4—5 m von diesem entfernt angebracht. Auch hier war das Verhältnis unter den verschiedenen Seiten nicht konstant. Der Bestand liegt oben an einem ca. 80 m ansteigenden Hange, sodaß wir es nicht mit der Stauung durch den Wald allein, sondern zugleich mit der Einwirkung der Luvseite zu tun haben.

Die Relativzahlen für die 4—5 m vom Bestandesrand angebrachten Regenmesser sind: Süd 100; West 98,8; Ost 98,6; Nord 94,7.

13. Die Astmassen sowohl einzelner Bäume, als ganzer Bestände verhalten sich in ihrer Wirkung auf die zum Boden gelangende Menge anders bei Schnee, als bei Regen. Seit 1884 bis in die jüngste Zeit herein habe ich hierüber Untersuchungen angestellt, deren Hauptergebnisse hier zusammengefaßt werden sollen[2]). Bei mehreren Schneefällen wurde die Höhe der Schneedecke im Freien und nebenan unter verschiedenen Bestandesverhältnissen gemessen.

Von besonderem Interesse ist der Schneefall vom 16. Februar 1884; von etwa 1 Uhr morgens bis etwa 12 Uhr mittags waren auf den schneefreien Boden 25—35—50 cm Schnee gefallen. Im Durchschnitt aus zahlreichen Einzelmessungen ergeben sich folgende Schneehöhen:

---

[1]) Mitt. der Österr. V.-A., 13, 161, 255, 395, 439.

[2]) Studien nach dem Schneefall vom 16. Febr. 1884. Schweiz. Zeitschr. 1884, 82. Untersuchungen über Schneebruchschaden. F. Cbl. 1886, 485.

Schneehöhe neben dem Bestande im Freien cm	I. Hochwald. a) Unter Fichten. Schneehöhe im Innern des Bestandes	auf dem Boden cm	Von den Bäumen zurückgehalten cm	%
33	15 jährige, dicht beastete Pflanzung	8	25	76
33	25 „ aufgeastete Pflanzung . .	10	23	70
33	40 „ dicht beastete nat. Verjüngung	4	29	88
33	50 jähriges, geschlossenes Stangenholz	13	20	61
28	90 jähriger, geschlossener Bestand .	13	15	54
	b) Buchen.			
	15 jährige größtenteils noch belaubte			
33	Verjüngung	30	3	9
28	35- und 55 jähriges Stangenholz . .	25	3	11
33	70 jähriger Bestand	27	6	18
	II. Niederwald: Hainbuchen, Aspen, Haseln.			
33	15 jähriger Bestand	32	1	3

Nach weiteren, im Winter 1885/86 ausgeführten Messungen haben zurückgehalten:

1. Tannen . . .	15—100 jährig:	47—74%	der Schneemenge im Freien
2. Fichten . . .	15— 80 „	42—75 „	„ „ „ „
3. Föhren . . .	15—100 „	25—44 „	„ „ „ „
4. Lärchen . . .	20— 55 „	17—30 „	„ „ „ „
5. Buchen . . .	15— 60 „	10—37 „	„ „ „ „
6. Eschen . . .	50 „	26 „	„ „ „ „
7. Erlen	40 „	26 „	„ „ „ „
8. Eichen	60 „	5—15 „	„ „ „ „
9. Mittelwald . .	20 „	10—25 „	„ „ „ „
10. Obstbäume . .	30 „	27 „	„ „ „ „

Von Schnee werden fast durchweg größere Mengen zurückgehalten, als von Regen. Die Holzarten mit reicher Verzweigung halten bis zu $^3/_4$ des gefallenen Schnees auf den Ästen fest. Der Boden unter Fichten und Tannen wird also im Winter erheblich weniger Wasserzufuhr erhalten, als derjenige unter Föhren oder unter Laubholz. Durch die Mischung der Holzarten wird die in den Boden gelangende Winterfeuchtigkeit in erheblichem Grade verändert.

Durch diese Feststellung erklärt sich auch die oft zu beobachtende Tatsache, daß der Schnee unter dem sonst kühleren Nadelholzbestande weggeschmolzen ist, während er unter Laubholz noch eine zusammenhängende Decke bildet.

Beim Schmelzen des Schnees läßt sich alljährlich beobachten, daß die Beschattung durch den Wald auf 10—20, auch 30 m hin das Schmelzen verzögert.

§ 57. Praktische Schlußfolgerungen.

1. Die Niederschlagsmenge ist eine geographisch sehr verschiedene Größe. Von 3—400 mm steigt sie bis 2500 mm.

2. In Gebieten mit geringen Niederschlägen ist die Zahl der gedeihenden Holzarten sehr eingeschränkt. Waldbildend treten hier in der Hauptsache nur Föhre und Schwarzföhre auf. Mit der Zunahme der Niederschläge vermehrt sich die Zahl der Waldbäume; in den regenreichen Gebieten wird der Wald aus 40 und mehr Holzarten gebildet.

3. Das Wachstum, die Bildung organischer Substanz nimmt mit der steigenden Wassermenge zu. Es ist hiebei zunächst vom Boden abgesehen. Es wird aber vorausgesetzt, daß nicht stockende Bodennässe vorhanden ist. Die höchsten Erträge finden sich im südlichen Bayern, Württemberg und Baden gegen den Bodensee zu und in der Schweiz. Hier betragen die Niederschläge 1000—1200 mm; steigen auch auf 1400—1500 mm. Unter 1000 mm wird die Niederschlagsmenge nur bei günstigen Bodenverhältnissen sinken dürfen, wenn noch Bestände I. Klasse erwachsen sollen.

Daraus folgt, daß eine Niederschlagsmenge, die unter 1000 mm zurückbleibt, für die Erzeugung der höchsten, mannigfaltigsten Holzmasse unzureichend ist.

In solchen Gegenden muß die Hauptsorge des Wirtschafters auf die Herbeiführung eines möglichst hohen Wassergehalts des Bodens gerichtet sein. Dies wird erreicht dadurch, daß von den Niederschlägen ein möglichst großes Quantum dem Boden zugeführt und daß die Verdunstung des Wassers aus dem Boden auf den geringsten Betrag eingeschränkt wird.

4. Durch die Baumkrone verschiedener Holzarten werden ungleiche Mengen des Niederschlags aufgefangen und dem Waldboden entzogen; dasselbe gilt von den verschieden dichten Schlußgraden der Bestände.

Je geringer die Niederschlagsmenge überhaupt ist, um so mehr ist — vorausgesetzt, daß der Boden es möglich macht — die Mischung der Holzarten und die Unterbrechung des dichten Schlusses durch Durchforstungen, Lichtungen verschiedener Grade und Arten angezeigt.

Wenn in Trockengebieten die Föhre ausgedehnte Bestände bildet, so rührt dies von ihrem geringeren Wasserbedarf, aber auch von der größeren, durch die Krone durchtropfenden Niederschlagsmenge her. Wenn die Tanne mehr Feuchtigkeit verlangt, als die Fichte, so hängt dies zum Teil mit der Zurückhaltung der Regenmenge durch die Tanne zusammen; unter Tannen wird der Boden trockener erhalten. Bei 700 mm Niederschlag erhält der Boden unter dem geschlossenen Tannenbestand noch ca. 300 mm, ein Betrag, der für ihr Gedeihen schon kaum mehr ausreicht. Die Isohyete von 800 mm bildet meistens

die Grenze für die Tanne. Beimischung von Laubholz (Buche) wird die Wasserzufuhr erhöhen.

5. Da Trockenperioden schädlicher als Regenperioden wirken und die trockenen Jahre etwas häufiger sind, als die nassen, so liegt hierin ein weiterer Grund, die Bodenfeuchtigkeit auf möglichst hohem Stande zu erhalten.

6. Auf den Leeseiten der Bergzüge ist diese Aufgabe wichtiger, als auf den Luvseiten, weil letztere mehr Niederschläge erhalten. Jedoch ist zu beachten, daß die Luvseiten (Süd- und Westhänge) dem Winde und der Insolation stärker ausgesetzt sind, als die Leeseiten (die Ost- und Nordhänge).

V. Verdunstung.

58. Bedeutung der Verdunstung.

1. Die Verdunstung des Wassers von größeren oder kleineren Wasseroberflächen (Meer, Seen, Flüssen, Bächen, Teichen, Weihern, Sümpfen, nassen Stellen, Wassergraben, Tümpeln), aus dem feuchten Boden, von Wald und Wiesen kommt waldbaulich in mehrfacher Beziehung in Betracht. Zunächst führt die Verdunstung der Luft Feuchtigkeit zu. Sodann hängt von der Verdunstung die Abtrocknung und Austrocknung des Bodens ab. Endlich ist von der Verdunstung die Transpiration der Pflanzen beeinflußt.

2. Die Größe der Verdunstung hängt ab: a) vom Luftdruck, b) vom Luftwechsel, c) von der Temperatur, d) vom Sättigungszustand der Luft.

Mit der Abnahme des Luftdrucks steigt die Verdunstung. Die höher gelegenen Punkte unterliegen einer rascheren Austrocknung, als tiefer liegende. Hiezu kommt der in höheren Lagen stärkere Luftwechsel, der den Wasserdampf wegführt und so die Bildung von neuem Wasserdampf begünstigt. Mit der Zunahme der Temperatur der Wasseroberfläche steigt die Verdunstung. Schattig gelegene Wasserflächen oder Bodenstellen trocknen langsamer aus, als die von der Sonne erwärmten Flächen. Endlich ist die Verdunstung um so größer, je niedriger der Wassergehalt der Luft an sich ist.

3. Diese allgemein wirksamen Faktoren der Verdunstung erleiden im Walde zahlreiche Modifikationen durch das Kronendach der Bäume und den vorhandenen Baumbestand.

Der Luftwechsel im Innern der Bestände ist durch Baumstämme, Äste und Zweige, Blätter und Nadeln, Gesträuch und Unkraut verringert, um so mehr, je dichter die Bestockung und je tiefer beastet die Stämme sind.

Im Waldesschatten, namentlich unter den Fichtenkronen, ist die Lufttemperatur niedriger und die Luftfeuchtigkeit höher.

Sämtliche Faktoren, außer dem Luftdruck, werden im Walde und namentlich im Innern der Bestände abgeschwächt, so daß die Verdunstung im Walde geringer sein muß, als im Freilande.

4. Die Verdunstung hat eine jährliche und eine tägliche Periode, die fast genau mit der Periode der Temperatur zusammenfällt. Nur die Winde und der Grad der Luftfeuchtigkeit können einige Verschiebungen hervorrufen.

5. Es kann sich für waldbauliche Zwecke hauptsächlich nur um die Vergleichung der Verdunstung unter verschiedenen äußeren Bedingungen handeln (Sonne, Bestandesschatten).

6. Zur Messung der verdunsteten Wassermenge eignet sich am besten der Verdunstungsmesser von Wild, der die Verdunstung einer freien Wasserfläche direkt in Gramm angibt. Durch die Aufstellung an verschiedenen Orten erhält man relative Zahlen für die Menge des verdunsteten Wassers. Nur um relative Messungen handelt es sich im Walde.[1])

§ 59. Ergebnisse der Beobachtungen über Verdunstung.

1. Solche Beobachtungen wurden im Versuchsgarten Großholz und im anstoßenden 100jährigen Buchenbestande während der Jahre 1905—11 angestellt. Die Zusammenstellung der Ergebnisse enthält Übersicht 18.

Tabelle 18.

Verdunstung nach dem Evaporimeter von Wild.
Gramm von einer Wasserfläche von 250 cm².
Versuchsgarten Großholz. Frei.

	Durchschnittlich 1905—11	1910	1911	Im Jahre	Gramm
Januar	386	275	205	1905	21 175
Februar	603	860	910	1906	23 605
März	1426	1195	1505	1907	22 460
April	2451	2400	2705	1908	20 650
Mai	2931	2185	2745	1909	21 015
Juni	3028	2425	2750	1910	16 415
Juli	3506	1980	5440	1911	27 135
August	3489	2445	5415		
September	1971	1080	3540		
Oktober	1172	885	1140		
November	518	450	640		
Dezember	298	235	140		
Jahr	21779	16415	27135		

[1]) Vgl. Hann, Met. ² 160.

Die Verdunstung ist in den einzelnen, nicht abnormen Jahren sehr gleichmäßig. In dem sonnenscheinarmen Jahre 1910 sank sie um 25 % herab, während sie im sonnenreichen Jahre 1911 um 24 % über dem Durchschnitt steht.

2. Der Gang der Verdunstung während des Jahres hängt eng mit der Sonnenscheindauer und der Temperatur zusammen. Im Juli und August erreicht sie ihre höchsten Beträge; dann folgen Mai und Juni. Fast die Hälfte der jährlichen Verdunstung fällt in die drei Monate Juni, Juli, August. Die rasche Zunahme der Verdunstung im März und April ist teilweise auf die Einwirkung der trockenen Ostwinde zurückzuführen. Saatpflanzen vertrocknen — auch im Schatten — meistens im Juli, obgleich die Niederschläge in diesem Monat sehr hoch zu sein pflegen. Die Kotyledonen und ersten Blätter verdunsten, wie es scheint, mehr Wasser, als durch die Würzelchen nachgeliefert wird.

3. Um den Einfluß eines geschlossenen Buchenbestandes auf die Verdunstung zu ermitteln, wurde unmittelbar neben dem Versuchsgarten ein Evaporimeter unter dem Kronendach 100 jähriger Buchen aufgestellt. Sodann wurden in einer 1 a großen Lücke dieses Buchenbestandes gleichzeitig Beobachtungen über Verdunstung angestellt.

Die Beobachtungen erstrecken sich auf die vier Jahre 1905—08. Es verdunsteten

	im Garten frei Gramm	in der Lücke des Buchenbestandes Gramm	unt. d. Kronen Gramm	in Prozenten der Verdunstung im Garten in d. Lücke	unt. d. Kronen
1905	21 175	10 395	99 45	49	47
1906	23 605	11 315	11 050	48	47
1907	22 460	9 280	9 725	41	43
1908	20 650	10 725	10 665	52	52

Durch den Schatten der Buchen wird die Verdunstung auf die Hälfte herabgesetzt. Am stärksten macht sich die Beschattung von Mai bis Oktober, der Zeit der Belaubung der Buchen geltend. Die Verdunstung sinkt in der Lücke wie unter den Kronen während der Sommermonate auf 40—30 % herab, während sie in den Wintermonaten mit 60—80, auch 90 % derjenigen im Freien sehr nahe kommt.

4. Vom Juli 1907 bis Dezember 1908 wurden Beobachtungen innerhalb eines mit Lawsoncypressen umpflanzten Rechtecks angestellt, das zu Versuchen über die Einwirkung des Lichtes angelegt und mit 1 m hohen Holzarten bepflanzt war. Die Verdunstung fand also in einer Lücke, aber nicht innerhalb eines Bestandes und unter 6 jährigen Pflanzen statt. Die Cypressen waren 3—4 m hoch und dicht geschlossen, was namentlich eine Abschwächung der Winde bewirkte.

In den sechs Monaten Juli bis Dezember 1907 betrug die Verdunstung 40, in den 12 Monaten 1908 46 % der Verdunstung des in der Nähe frei im Garten aufgestellten Evaporimeters. Der Unterschied gegenüber dem Buchenbestand ist unbedeutend.

5. An den deutschen forstlich-meteorologischen Stationen wurden Beobachtungen über die Verdunstung einer freien Wasserfläche im Freien und im Walde während 12—18 Jahren angestellt[1]).

Im Durchschnitt betrug die Verdunstung im Walde in Prozenten derjenigen im Freien

unter Fichten	39, 47, 58 45, 52, 46,	im Mittel	48 %
,, Föhren	49, 42, 57, 40	,, ,,	47 %
,, Buchen	36, 46, 45, 40, 47, 36	,, ,,	42 %

Ein erheblicher Unterschied ist bei Laub- und Nadelholz nicht vorhanden.

6. Im Versuchsgarten bei Tübingen sind 2 Reihen Cypressen in der Höhe von 3—4 m gepflanzt, die eine in der Richtung Nord-Süd, die andere in der Richtung Ost-West. Dadurch entsteht eine Ost- und eine West-, bezw. eine Nord- und eine Südseite. Je 1,50 m von der Cypressenreihe wurden die Evaporimeter aufgestellt und in den Monaten Mai bis September 1910 beobachtet. Die Beete sind sämtlich eben gelegt.

Es verdunsteten Gramm auf der

	Ostseite	Westseite	Südseite	Nordseite
Von 6 Uhr abends bis 8 Uhr morgens	855	810	795	740
Von 8 Uhr bis 1 Uhr	4255	2915	4860	2320
Von 1 Uhr bis 6 Uhr	2465	4435	4460	2720
Zusammen.	7575	8160	10 115	5780
Verhältniszahlen (Max. = 100) . .	75	81	100	57

Die stärkste Verdunstung findet auf der Südseite statt. Auf der Ost- und Westseite ist sie um 25 bezw. 19 % geringer; zwischen der Ost- und Westseite ist also ein geringer Unterschied vorhanden. Dagegen sinkt auf der Nordseite die Verdunstung auf 57 % herab. Bei Nacht ist die Verdunstung auf allen Seiten fast gleich groß. Auf der Südseite und auf der Nordseite ist die Verdunstung vor- und nachmittags fast gleich groß, während sie auf der Ostseite vormittags, auf der Westseite nachmittags am größten ist. Dies erklärt sich ohne weiteres aus dem Stande der Sonne während verschiedener Tageszeiten, mit welchem bald vor-, bald nachmittags die Beschattung und damit die Erwärmung sich ändert. Ist das Instrument vollständig frei aufgestellt, so ist der Unterschied zwischen der Verdunstung einer freien Wasserfläche vor- und nach-

[1]) Nach den Jahresberichten.

mittags nur gering. (Über die Verdunstung des Wassers aus dem Boden, vgl. § 93).

7. Die Einwirkung hölzerner Deckgitter auf die Verdunstung einer freien Wasserfläche habe ich im Versuchsgarten Adlisberg vom August bis Oktober 1893 untersucht[1]). Die Latten der Deckgitter waren in verschiedenen Abständen angebracht, so daß die Vergleichsbeete zu $^1/_4$, $^1/_2$, $^2/_3$ bedeckt waren. Die Messungen wurden mit dem Evaporimeter von Wild vorgenommen. Die Verhältniszahlen lassen die bedeutende Wirkung von Deckgittern erkennen. Zur Vergleichung ist auch die Verdunstung von Wasser aus dem Boden beigefügt.

	Freies Beet	zu $^1/_4$	zu $^1/_2$	zu $^2/_3$
		bedecktes Beet		
Freie Wasserfläche	100	87	58	40
Verdunstung aus dem Boden	100	88	71	62

Die Verdunstung des Wassers aus dem Boden wird in geringerem Grade herabgesetzt als diejenige einer freien Wasserfläche.

§ 60. Praktische Schlußfolgerungen.

1. Für das Wachstum der Pflanzen kommt der Wasservorrat im Boden und die Verdunstung von Wasser aus den Blättern in Betracht.

Die Faktoren, welche auf die Verdunstung einer freien Wasserfläche einwirken, müssen auch die Verdunstung des Wassers aus dem Boden und aus den Blättern beeinflussen. Von der Verdunstung des Wassers aus dem Boden wird unter (C VI) ausführlicher gehandelt werden.

Im Walde wird bald eine Erhöhung, bald eine Verminderung der Verdunstung vorteilhaft sein. Dies hängt hauptsächlich von den größeren oder geringeren Niederschlagsmengen ab. Bei geringen Niederschlagsmengen ist die schwächere, bei hohen Regenmengen die stärkere Verdunstung vorteilhaft.

2. Einen Einfluß auf die Verdunstung kann der Wirtschafter durch die Beschattung ausüben. Wo ein solcher nicht möglich ist, müssen die praktischen Maßregeln mit Rücksicht auf die Verdunstung eingerichtet werden.

3. Durch den Kronenschluß wird die Verdunstung auf die Hälfte herabgesetzt; dieselbe Wirkung kann auch durch seitliche Beschattung kleiner Flächen erzielt werden (Schirmverjüngung, Löcherhiebe). Wird umgekehrt die Beschattung durch Abtrieb des alten Holzes auf-

---

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 3, 194.

gehoben, so steigt für den vorhandenen Jungwuchs, für Moos, Gras etc. die Verdunstung plötzlich auf den doppelten Betrag. Kann durch die Wurzeln nicht genügend Wasser nachgeliefert werden, so vertrocknen die Pflanzen. („Verschwinden" der Keimlinge, Dürrwerden plötzlich freigestellten Buchenjungwuchses, Absterben von „Schattenpflanzen"). Dazu kommt, daß Schattenblätter an sich stärker verdunsten als Lichtblätter.

4. Das starke Steigen der Verdunstung im März und April wirkt auf das Keimen der Samen, die Entwickelung der Keimlinge, das Gedeihen von verschulten und ins Freie versetzten Pflanzen ungünstig ein. Je trockener das Klima und je geringer die Niederschläge in einer Gegend sind, um so früher muß gesät und gepflanzt werden. Bei einer geringeren Verdunstung durch die Blätter ist außerdem die im Boden vorhandene Feuchtigkeit („Winterfeuchtigkeit") noch weniger herabgesetzt. Erst wenn die Verdunstung gesunken ist, im September und Oktober, können Herbstpflanzungen in tiefen Lagen vorgenommen werden.

5. Da die Verdunstung im Juni, Juli und August am größten ist, dürfen in trockenen Gegenden Reinigungshiebe nicht im Sommer vorgenommen werden. Die plötzlich freigestellten Pflanzen leiden durch zu starke Verdunstung und können in trockenen Jahren zugrunde gehen.

6. In Gegenden, in denen häufige und starke Niederschläge erfolgen, ist das rasche Abtrocknen der Pflanzen von Bedeutung, weil die Erwärmung nach der Abtrocknung rascher erfolgt. Dasselbe gilt von der Verdunstung des oberflächlich sich ansammelnden Wassers, das die Erwärmung des Bodens verhindert. Auf Ostseiten, wo die Sonne morgens Zutritt hat, wird das Abtrocknen am raschesten erfolgen; am langsamsten wird es in Nordlagen und auf der Nordseite der Bestände vor sich gehen.

7. Der Luftwechsel wird durch weitere Pflanzung, stärkere Durchforstung und durch Lichtungen, sodann durch Anzucht und Erhaltung des Laubholzes begünstigt.

8. Die verschiedene Höhe der Pflanzen innerhalb des Bestandes (Plenterwald, Mittelwald, auch Hochwald, Mischung verschieden hoher Holzarten, Überhaltbetrieb) bringt verschiedene Beschattung und Verdunstung im Kronenraum hervor (vorgewachsene Lärchen im Fichten-, Eichen im Buchenbestande etc.).

Lichtbedürftige und auf starke Transpiration angewiesene Pflanzen (Lärchen) kümmern bei geringer Verdunstung. Durch die freie Stellung der Kronen kann dies verhindert werden (Altersvorsprung; rasch wachsende Holzarten in Mischung mit langsam wachsenden, Freihieb von Lärchen, Laubhölzern).

VI. Die Windverhältnisse.

§ 61. Bedeutung der Windverhältnisse.

1. Die augenfälligste Einwirkung schwachen und stärkeren Windes auf die Vegetation, insbesondere die Baumvegetation, ist die durch den Druck der Luft hervorgerufene Bewegung von Blättern, Zweigen, Ästen und Stämmen. Das Hin- und Herschwanken des Stammes führt zur Lockerung des Wurzelverbandes, bei stärkerer Einwirkung zum Bruch der Wurzeln und des Stammes (Windwurf, Windbruch). Dem Winde stark ausgesetzte Stämme fangen an zu kränkeln und werden schließlich dürr. Die Krone erscheint auf der Windseite wie abgeschoren. Der Stamm wird in eine schiefe Stellung gedrängt (insbesondere Föhren an Waldrändern, Arven, Lärchen, in geringerem Grade Fichten an exponierten Stellen des Hochgebirges; der Waldsaum an der Meeresküste hin auf 100—500 m Entfernung. Die Obstbäume und Straßenbäume in manchen Gegenden).

Reiches Tatsachenmaterial hat Früh[1]) gesammelt und übersichtlich zusammengestellt:

2. Bei jedem stärkeren Winde werden insbesondere in Fichtenbeständen einzelne Bäume geworfen oder gebrochen. Es sind meist Stämme, die rotfaul und daher weniger widerstandsfähig geworden sind, oder solche, die auf nassen Stellen nur flachstreichende Wurzeln getrieben haben. Durch die Einzelbrüche werden die geschlossenen Bestände durchlöchert; für Wind und Schnee werden dadurch neue Angriffspunkte geschaffen. Von diesen Stellen schreitet in der Regel die Durchlöcherung weiter, sodaß auch ohne starke Sturmverheerung ein Bestand unhaltbar werden kann.

3. Die Windgefahr nimmt mit der Höhe der Bäume zu, nicht nur weil der Hebelarm länger wird, sondern weil die Geschwindigkeit mit der Erhöhung über den Boden steigt.

Stevenson[2]) erhielt an einem Mast von 15 m Höhe folgende Resultate:

Höhe	0	3	6	9	12	15,2 m
Windgeschwindigkeit	3,6	8,2	8,7	9,0	9,1	9,4 m pro Sek.
Höhe	0,4	1,1	2,7	4,3	7,6	15,5 m
Geschwindigkeit . .	9,8	11,4	14,2	15,1	16,8	19,2 m pro Sek.

In 30—40 m hohen Beständen wird wohl eine Geschwindigkeit angenommen werden dürfen, welche die am Boden um das 3—4 fache

[1]) Früh, J. Die Abbildung der vorherrschenden Winde durch die Pflanzenwelt. Jahresbericht der geogr.-ethnogr. Gesellschaft Zürich für das Jahr 1901/02. — vergl. Metzger. Der Wind als maßgebender Faktor für das Wachstum der Bäume. Mündener Forstl. Hefte, 3, 35.

[2]) Hann, Met. [2] 286.

übersteigt. Höhere Bonitäten sind daher mehr durch den Wind gefährdet, als geringe mit den niedrigen Baumhöhen.

4. Starke Winde und Stürme, die meist nur geringe Ausdehnung haben, und selten größere Gebiete (über 100 und 200 km) überwehen, verursachen Windbrüche und Windwürfe, denen ganze Bestände und Abteilungen zum Opfer fallen. In wenigen Stunden ist schon der 10—15 fache Jahresetat zu Boden gestreckt worden.

Ist im Nadelholz die rasche Aufarbeitung des Holzes nicht möglich, so tritt die Gefahr der Vermehrung des Borkenkäfers hinzu (1870). Auch der Rüsselkäfer pflegt bei mangelnder Stockholzrodung sich einzustellen. Große Verluste wertvollen Holzes, schwieriger Absatz des Holzanfalls, gedrückte Preise, erhöhte Aufbereitungs- und Transportkosten, hohe Ausgaben für die Wiederbestockung der Windwurfflächen, gestörtes Verhältnis der Altersklassen, viele kränkelnde Stämme, vermehrte Angriffsflächen für den Wind, eine große Anzahl unproduktiver Stellen im Walde sind die schädlichen Wirkungen dieser Sturmverheerungen. Je kleiner der Bezirk ist, um so empfindlicher sind die Folgen der Stürme für den Waldbesitzer.

5. Die wirtschaftlichen und waldbaulichen Maßregeln, welche dem Sturmschaden vorbeugen sollen, sind mit indirekten finanziellen Opfern verknüpft. Abteilungslinien, Wirtschafts- und Sicherheitsstreifen, Loshiebe, Umhauungen, Grenzstreifen gegen das Feld hin bringen eine nicht unerhebliche Ausdehnung der unproduktiven Flächen mit sich. Wenn diese auch nur 1 % betragen — in vielen Fällen können sie 1,5 bis 2 % erreichen — so steigt die unproduktive Fläche in einem 3000 ha großen Bezirke auf 30 ha. Auch die Herstellung einer geordneten Hiebsfolge kann bei Berücksichtigung der Windverhältnisse den Abtrieb zu jungen oder das Ueberhalten zu alten Holzes nötig machen.

6. Die Temperatur der Luft — kalte Ost-, warme Südwinde — ist unmittelbar vom Winde beeinflußt. Diese Wirkung des Windes ist besonders im Frühjahr von Wichtigkeit, weil die Erwärmung des Bodens teilweise vom Winde abhängt.

7. Die absolute Feuchtigkeit der Luft, sowie die Niederschläge stehen im engsten Zusammenhang mit den Luftströmungen. Westliche Winde bringen in Europa feuchtere Luft und Regen. (Auf der Westseite der Bäume setzen sich Flechten, Moose, Pilze an.)

8. Die Luftzirkulation, die durch die Winde veranlaßt wird, ist besonders bei kalter, ruhiger Luft von Bedeutung (Winterkälte, Frostlöcher in Vertiefungen).

9. Das Verwehen von Schnee, Laub und feinen Bodenteilchen (Flugsand, Staub) spielt eine bedeutende Rolle.

10. Dazu kommt in Industriegegenden das Verwehen des Rauches und schädlicher Gase.

11. In gebirgigen Gegenden wirken bei Tag die Berg-, bei Nacht die Talwinde auf Veränderung der Feuchtigkeit, der Wolkenbildung und der Niederschläge ein.

12. Der Nutzen der Winde besteht im Bestäuben der Blüten, insbesondere bei Waldbäumen. Rauhe Winde zur Blütezeit gefährden dagegen die Befruchtung; trockene Winde können das Vertrocknen zarter Früchte herbeiführen. Andererseits wirkt der Wind günstig auf die Verbreitung der Samen ein. Am leichtesten läßt sich dies bei den geflügelten Samenarten beobachten. Fichten, Lärchen, Bergföhren siedeln sich im Hochgebirge auf Weiden und Schutthalden an, die 1000 und mehr Meter von den alten Bäumen entfernt sind. Samen von Bergahorn fand ich in großer Zahl gegen die Trübseealp bei Engelberg, 300 m über dem Standort der alten Bäume. Selbst in der Niederung traf ich Samen von einem Fichtenhorst im Buchenbestande 5—700 m nach Osten verweht. Im Stadtwald von Rapperswil wird der Same von Weymouthskiefern rings um den Standort des alten Bestandes, bis auf 1000 m verbreitet[1]).

13. Die Verdunstung des Wassers aus den Pflanzen wird durch den Wind erheblich gesteigert, wodurch junge Pflanzen zum Vertrocknen gebracht werden können. Umzäunungen, Mauern, hoch und kräftig entwickelte Pflanzen und Pflanzengruppen (Wacholderbüsche, Schwarzdorngestrüpp etc.), sowie Holzbestände können auf gewisse Entfernungen hin eine schützende Wirkung ausüben. F. H. King[2]) beobachtete, daß hinter einem Grasfeld die Pflänzchen einer Kleesaat um so mehr zugrunde gerichtet waren, je weiter sie vom Grasfeld entfernt waren. Es waren vorhanden ostwärts vom Grasland entfernt 50 Fuß: 574; 200 Fuß 390; 400 Fuß 231 Pflänzchen.

Diese Wahrnehmung veranlaßte King, Untersuchungen über den Einfluß von Gehölzen, Zäunen auf die Verdunstung der im Windschatten gelegenen Felder festzustellen. Es betragen die Verdunstungsmengen pro Stunde ccm

1. in einer Entfernung	20 Fuß	40 Fuß	60 Fuß	280 Fuß	300 Fuß	320 Fuß
vom Gehölz . . .	12,5	11,6	11,9	14,5	14,2	14,7
Summe		36,0			43,4	
			Differenz 7,4 = 21 %			
2. in einer Entfernung	20 Fuß	100 Fuß	200 Fuß	300 Fuß	400 Fuß	500 Fuß
vom Gehölz . .	11,1(100)	14,3	15,7	18,5(167)	18,5	18,3

3. in einer Entfernung	20 Fuß	150 Fuß	300 Fuß
von einem Zaun . .	10,8 (100)	12,5	13,4 (125)

[1]) Vergl. auch hierzu Schröter, Das Pflanzenleben der Alpen. S. 55, 730 ff.
[2]) Wollny, Forschg., 18, 212.

14. King[1]) verglich ferner die Windgeschwindigkeit über Boden mit rauher und glatter Oberfläche; über letzterer ist die Geschwindigkeit größer. Er bestimmte sie an der Oberfläche des gewalzten Bodens auf 571 Fuß in der Minute, über nicht gewalztem auf 332 Fuß (= 42 % geringer). Die Beobachtungen im Gebirge zeigen, daß hinter einem Stein oder Baumstock die jungen Pflanzen besser gedeihen, als auf freier Fläche, bestätigen also die Untersuchungen Kings.

Hann[2]) bezeichnet häufige und heftige Winde im allgemeinen als baumfeindlich. Die gesteigerte Verdunstung führt zur Vertrocknung der Blätter. An der alpinen Baumgrenze dürfte nach Hann die Austrocknung durch Wind eine Rolle spielen, ebenso in den ungarischen Pußten, an der Südküste, auf Inseln, in arktischen Gegenden (Kihlmann). Dieser Beobachtung verdanken wohl die Wallhecken in Schleswig-Holstein, Jütland, Dänemark, Holland, die Staudengruppen auf den Wytweiden des Jura in der Schweiz ihre Entstehung.

15. Die Einwirkung des Windes auf den Boden wird in der Regel zu wenig berücksichtigt. An kahlen und exponierten Stellen am Waldrande läßt sie sich aber leicht beobachten. Genauere Untersuchungen hat Hensele[3]) angestellt. Er suchte den Einfluß des Windes auf die Luftdruckschwankungen im Boden, auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft, auf die Feuchtigkeit und Temperatur des Bodens genauer festzustellen. Über die Anordnung der Versuche muß die Abhandlung selbst nachgelesen werden. Der Wind ist künstlich erzeugt. Hier sollen die forstlich wichtigen Ergebnisse zusammengefaßt werden.

16. Die Luftbewegung im Boden ist abhängig von den Luftdruckschwankungen der Atmosphäre, den Temperaturdifferenzen zwischen Bodenluft und atmosphärischer Luft, von dem auf den Boden fallenden oder in ihm sich befindenden Wasser und in bedeutendem Grade von der Windbewegung. Dem Sturm und selbst den schwachen Windbewegungen entspricht ein beständiges Wogen der Bodenluft.

Die Bewegung ist am größten, wenn der Wind unter schiefem Winkel auffällt. Mit der Tiefe der Bodenschicht nimmt sie ab.

Die Größe der Bodenteilchen ist insofern von Einfluß, als die Krümelstruktur die Bewegung fördert.

Im feuchten Zustand des Erdreichs ist die Bewegung geringer, als im trockenen.

Der Wind wirkt auf eine Verminderung des Kohlensäuregehalts der Bodenluft hin.

---

[1]) A. a. O. 214.

[2]) Klimat. [3] 1, 72.

[3]) Wollny, Forschg., 16, 311.

17. Die Verdunstung des Wassers aus dem Boden wird durch den Wind außerordentlich gesteigert, und zwar in dem Grade, als die Windgeschwindigkeit zunimmt. Je höher der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens ist, um so größer sind die verdunsteten Wassermengen. Mit der Mächtigkeit der Bodenschicht nehmen die Wirkungen ab (Tiefgründigkeit).

Einige Belege aus den Untersuchungen von Hensele sollen die obigen Sätze über die Verdunstung erläutern.

Windgeschwindigkeit m	Mit Grundwasser			Ohne Grundwasser		
	Verdunstungsmenge pro 100 qcm Fläche in einer Stunde gr.					
	Höhe der Bodenschicht			Höhe der Bodenschicht		
	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm
	Gelber Quarzsand					
0	0,67	0,44	0,40	0,48	0,38	0,23
3	3,73	3,47	3,03	3,47	3,43	3,03
6	6,23	5,23	5,10	4,93	4,87	4,57
9	7,60	6,83	6,67	6,00	5,77	5,50
12	9,33	7,40	7,33	8,48	6,60	6,43
	Lehm, krümelig.					
0	0,59	0,50	0,39	0,43	0,35	0,31
3	3,33	3,00	2,83	3,03	2,93	2,70
6	5,47	5,30	5,00	5,10	4,70	4,50
9	6,80	6,43	6,10	6,60	6,43	6,23
12	8,63	8,17	7,87	8,17	7,97	7,80
	Lehmpulver.					
0	0,62	0,60	0,57	0,53	0,50	0,49
3	3,53	3,20	3,03	3,47	3,17	2,93
6	5,60	5,50	5,20	5,23	5,03	4,83
9	6,97	6,83	6,30	6,90	6,73	6,27
12	8,80	8,30	7,97	8,57	8,20	7,90

18. Aus anderweitigen Untersuchungen ist bekannt, daß der mit Pflanzen versehene Boden mehr verdunstet, als der nackte, und daß eine Decke lebloser Gegenstände die Verdunstung bedeutend herabsetzt. Daß diese Verhältnisse auch bei der größten Windgeschwindigkeit sich erhalten, zeigen nachstehende Zahlen.

Humoser Kalksand.

Windgeschwindigkeit m	Mit Grundwasser			Ohne Grundwasser		
	Verdunstungsmenge pro 100 qcm Fläche in einer Stunde gr.					
	Pflanzen	Nackt	Strohdecke	Pflanzen	Nackt	Strohdecke
0	0,89	0,70	0,48	0,69	0,45	0,32
3	4,97	3,40	2,63	4,50	3,33	2,20
6	7,80	6,03	3,90	6,03	4,70	3,30
9	8,90	7,43	5,00	7,60	6,07	4,13
12	10,57	8,93	6,10	9,50	8,03	5,30

19. Fällt der Wind nicht in horizontaler, sondern in schräger Richtung ein, so dringt mehr Luft in den Boden und die Verdunstung wird gesteigert.

Humoser Kalksand.

Windgeschwindigkeit m	Windrichtung horizontal	Windrichtung 30°
	Verdunstung pro 100 qcm Fläche in einer Stunde gr.	
3	3,53	5,37
6	4,47	6,03
9	6,93	8,33
12	8,53	10,57

20. Den Unterschied der Verdunstung bei trockenem und feuchtem Winde zeigen nachstehende Zahlenwerte.

Windgeschwindigkeit 6 m

Bodenart	Feuchter Wind	Trockener Wind
	Verdunstung pro 100 qcm Fläche in einer Stunde gr.	
Gelber Quarzsand	5,1	9,7
Reiner Kalksand	3,8	7,9
Lehm, pulverförmig	4,8	9,2
Lehm, krümelig	4,7	9,0
Humoser Kalksand	4,2	8,5

21. Der Einfluß des Windes auf die Bodentemperatur steht im Zusammenhang mit der Verdunstung; je größer diese ist, um so mehr Wärme wird verbraucht, um so niedriger wird die Bodentemperatur sein. Die Erniedrigung der Temperatur beträgt je nach der Bodenart, Windrichtung und Windstärke 0,22—2,12°. Im großen ganzen darf eine Erniedrigung von 1° angenommen werden.

22. Interessante Angaben über die Einwirkung der Winde auf die wichtigeren meteorologischen Elemente zu Wien teilt Hann mit[1]).

Windrichtung:	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
	Temperatur. Tagesmittel.								
Winter	2,9	2,8	3,1	1,7	0,1	2,5	2,3	0,3	
Sommer	18,0	20,0	23,3	21,8	22,4	20,5	18,2	18,3	
Jahr	7,8	8,9	10,1	10,3	11,3	11,6	9,9	9,2	
	Relative Feuchtigkeit, Prozente.								
Frühling und Sommer	62	61	65	64	62	62	66	66	
Herbst und Winter .	76	81	84	86	78	75	72	73	
	Niederschlagsmenge.								Kalmen
Jahr	18,7	2,5	4,7	14,6	7,8	24,0	110,0	128,9	125,1
	Regenstunden in Prozenten.								
Jahr	7	1	2	9	3	7	30	41	30

Schlägt im Winter der Wind von E in W um, so steigt die Temperatur in Wien durchschnittlich um 5,4°, im Sommer dagegen sinkt sie um 5,1°.

[1]) Klimatographie von Österreich, 1, 78.

Im Frühling und Sommer ist die Feuchtigkeit der Winde durchschnittlich um 5, im Herbst und Winter dagegen um 14 % verschieden.

Die meisten Niederschläge fallen in Wien bei West- und Nordwestwind und bei Windstille.

§ 62. Die Geschwindigkeit des Windes.

1. Die meteorologischen Jahrbücher enthalten Nachweisungen über Windrichtungen für alle wichtigen Stationen. Selten sind dagegen die Angaben über Windgeschwindigkeiten. Soweit eine Verarbeitung dieses ungeheuren Materials vorliegt, werden den folgenden Ausführungen die Hauptresultate der Zusammenstellungen zugrunde gelegt werden.

Für Deutschland kommt hiebei vor allem die Arbeit von Aßmann in Betracht[1]). Sie wurde im Auftrage der Motorluftschiff-Studiengesellschaft in Berlin verfaßt, verfolgt also praktische Zwecke. Sie leistet auch für forstliche Studien ganz ausgezeichnete Dienste.

Nach eingehenden Verhandlungen mit den einzelnen meteorologischen Zentralanstalten wurden aus der großen Zahl von Stationen 49 als zuverlässig und geeignet ausgewählt, weil sie in freier, engere örtliche Störungen des Windes ausschließender Lage sich befanden und eine langjährige Dauer der Beobachtungen (20,8 Jahre im Durchschnitt pro Station) aufweisen konnten.

Es entfielen auf die Deutsche Seewarte in Hamburg 7 Stationen, das meteorologische Institut in Preußen 20, Sachsen 5, Bayern 3, Württemberg 8, Baden 2, Elsaß-Lothringen 3, Hessen 1.

Das gesamte Material umfaßt 1 104 469 Einzelbeobachtungen. Eine gleichmäßige Verteilung der Stationen über Deutschland hin war nicht zu erreichen; lokale Besonderheiten konnten ebenfalls nicht berücksichtigt werden. Gleichwohl sind die Schlußergebnisse für forstliche Zwecke von hohem Werte.

2. Es wurden folgende Gruppen von Windgeschwindigkeiten gebildet, wobei die Angaben der 12 teiligen Beaufortskala in Geschwindigkeiten umgerechnet wurden.

Windstärke 1 der Beaufort-Skala entspricht der Stufe 1
0 bis einschl. 2 m pro Sekunde (ohne Windstillen)
Windstärke 2 u. 3 der Beaufort-Skala entspricht der Stufe 2
über 2 bis einschl. 5 m pro Sekunde (ohne Windstillen)
Windstärke 4 u. 5 der Beaufort-Skala entspricht der Stufe 3
über 5 bis einschl. 10 m pro Sekunde (ohne Windstillen)
Windstärke 6 u. 7 der Beaufort-Skala entspricht der Stufe 4
über 10 bis einschl. 15 m pro Sekunde (ohne Windstillen)
Windstärke 8 bis 12 der Beaufort-Skala entspricht der Stufe 5
über 15 m pro Sekunde (ohne Windstillen).

---

[1]) Die Winde in Deutschland. Von Richard Aßmann in Lindenberg. Braunschweig, 1910.

3. Die Entfernungen der Stationen betragen an der Küste und im norddeutschen Tiefland 150—180 km, in den gebirgigen Teilen gegen 100 (in Württemberg 60), „was im allgemeinen als einigermaßen den natürlichen Bedingungen konform angesehen werden kann" (S. 4). Die Stationen wurden dann in 10 Windbezirke zusammengefaßt, „welche sowohl in ihrer Kontinentalität als auch in ihrer orographischen Gliederung gewisse gemeinsame Züge der Luftbewegung erwarten lassen".

4. Die Stationen über 600 m Erhebung wurden als Höhenstationen besonders ausgeschieden. Hier sollen nur die 10 Bezirke aufgeführt werden; bezüglich der Zahlenwerte der einzelnen Stationen muß auf das Werk selbst verwiesen werden.

Die Namen der Stationen der einzelnen Bezirke werden aber doch für die Verwertung der Zahlen im praktischen Betriebe erwünscht sein.

1. Bezirk: Borkum, Helgoland, Keitum, Hamburg,
2. „ Kiel, Wustrow, Rügenwaldermünde, Hela, Memel,
3. „ Münster, Aachen,
4. „ Schwerin, Celle, Brocken, Claustal, Berlin,
5. „ Kassel, Schmücke (Thüringerwald), Bayreuth, Bad Elster, Leipzig, Torgau, Reitzenhain, Freiberg i. S., Bautzen,
6. „ Posen, Bromberg,
7. „ Altstadt, Marggrabowa (in Ostpreußen),
8. „ Schneekoppe, Breslau, Ratibor,
9. „ Eichhoff (Lothringen), Großer Belchen, Straßburg, Kaiserslautern, Dobel bei Wildbad, Darmstadt, Frankfurt, Buchen,
10. „ Höchenschwand (Baden), Böttingen (Württ.), Kirchberg (Württ.), Schopfloch (Württ.), Crailsheim, Biberach, Friedrichshafen, Schloß Zeil (Württ.), München.

5. Die Geschwindigkeit in den einzelnen Gebieten weist Tabelle 19 a, b nach.

Tabelle 19a.

Jahresmittel der prozentischen Häufigkeit
a) niedere Stationen

	Seehöhe m	Windgeschwindigkeiten m p. s. unter 5	5—10	10—15	über 15	Windweg für 100 Sekund. in m
1. Nordseeküste	20	65,6	25,7	7,6	1,4	475,4
2. Ostseeküste	13	64,5	24,6	8,0	2,8	501,3
3. Westdeutschland . .	131	71,5	20,2	6,3	2,1	445,3
4. Nördl. Mitteldeutschl.	43	73,1	22,7	3,5	0,7	408,2
5. Südl. Mitteldeutschl.	268	76,0	19,2	4,1	0,7	397,2
6. Ostdeutschland . . .	49	62,4	25,6	9,4	2,5	509,7
7. Nordostdeutschland .	175	60,7	27,3	10,7	1,3	489,6
8. Südostdeutschland. .	168	80,2	16,5	2,5	0,2	360,0
9. Südwestdeutschland .	232	76,0	17,6	4,8	1,5	410,4
10. Süddeutschland . . .	493	77,7	16,6	5,0	0,9	395,7
Mittel aller nied. Stationen	186	71,8	21,0	5,8	1,4	433,7

Tabelle 19b.

b) Höhenstationen

Bezirk		Seehöhe m	Windgeschwindigkeiten m p. s. unter 5	5—10	10—15	über 15	Windweg für 100 Sekund. in m
4.	Brocken	1140	29,1	32,8	23,7	14,4	866,9
	Claustal	587	45,2	42,7	11,4	0,7	587,7
5.	Schmücke	907	82,6	13,6	2,9	0,9	368,4
	Reitzenhain	772	62,6	27,8	8,8	0,8	488,9
8.	Schneekoppe	1603	36,2	24,7	23,0	16,1	696,4
9.	Großer Belchen	1394	57,3	26,7	11,1	4,7	489,3
	Dobel	687	76,7	17,7	5,1	0,5	464,7
10.	Höchenschwand	1005	81,6	14,5	2,5	1,4	364,5
	Böttingen	908	64,9	27,6	5,8	1,7	415,1
	Schopfloch	764	67,8	20,9	9,4	1,9	478,3
	Schloß Zeil	747	92,1	6,3	1,3	0,3	361,3
Mittel der Höhenstationen		956	63,3	23,2	9,5	3,9	507,4

Reihenfolgen für die Bezirke.

	Windgeschwindigkeit m p. s. unter 5 m	5—10 m	10—15 m	über 15 m	Windweg
1. Nordseeküste	7	2	4	5	4
2. Ostseeküste	8	4	3	1	2
3. Westdeutschland	6	6	5	3	5
4. Nördl. Mitteldeutschl.	5	5	9	8	7
5. Südl. Mitteldeutschland	4	7	8	9	8
6. Ostdeutschland	9	3	2	2	1
7. Norddeutschland	10	1	1	6	3
8. Südostdeutschland	1	10	10	10	10
9. Südwestdeutschland	3	8	7	4	6
10. Süddeutschland	2	9	6	7	9

Nach Süden und Osten, mit der Entfernung von der Küste nimmt die mittlere Windgeschwindigkeit ab. Süddeutschland und Südostdeutschland haben die geringsten Windwege.

Der Windweg ergibt sich aus der mittleren Geschwindigkeit mal der Prozentzahl und der Addition dieser Produkte.

Die größeren Windgeschwindigkeiten der Höhenstationen — insbesondere Brocken und Schneekoppe — treten deutlich heraus. Übrigens ist auf die einzelnen Gegenden besonders hinzuweisen. Ostdeutschland mit 49 m Seehöhe hat größeren Windweg, als die Höhenstationen Süddeutschlands.

6. Als Sturmtage werden nach internationaler Vereinbarung jene gerechnet, an denen die Windstärke 8 der Beaufortskala erreicht oder überschritten ist, die Windgeschwindigkeit also 15 m p. s. beträgt.

Nach der Sturmhäufigkeit geordnet bilden die Stationen folgende Reihenfolge.

Tabelle 20.

Sturmhäufigkeit

Stationen	%	Tage	Stationen	%	Tage	Stationen	%	Tage
Celle	0,6	2,2	Helgoland	4,0	14,6	Bromberg	6,9	25,2
Berlin	1,1	4,0	Altstadt i. Ostpr.	4,2	15,2	Kiel	7,3	26,6
Cassel	1,1	4,0	Eichhoff	4,3	15,7	Straßburg	7,7	28,1
Breslau	1,2	4,4	Bayreuth	4,3	15,7	Münster i. W.	8,2	30,0
Torgau	1,3	4,7	Bad Elster	4,3	15,7	Memel	8,8	32,1
Biberach	1,4	5,1	Aachen	5,3	19,4	Wustrow	9,5	34,6
München	1,5	5,5	Leipzig	5,3	19,4	Darmstadt	9,9	36,1
Kirchberg	2,2	8,0	Ratibor	5,4	19,7	Hamburg	10,3	37,5
Crailsheim	2,3	8,4	Rügenwalderm.	5,4	19,7	Buchen	12,5	45,6
Frankfurt a. M.	2,3	8,4	Bautzen	5,6	20,5	Posen	12,6	46,0
Kaiserslautern	3,0	11,0	Schwerin	5,8	21,2	Borkum	15,8	57,7
Marggrabowa	3,3	12,0	Keitum	6,5	23,7	Hela	18,6	68,0
Freiberg i. S.	3,4	12,4	Friedrichshafen	6,6	24,1			

Die Höhenstationen ordnen sich folgendermaßen:

Stationen	%	Tage	Stationen	%	Tage
Claustal	1,8	6,6	Schopfloch . . .	5,5	20,0
Dobel	3,1	11,3	Reitzenhain . .	5,8	21,2
Schmücke . . .	4,0	14,6	Höchenschwand	7,0	25,5
Böttingen . . .	4,2	15,3	Großer Belchen.	13,3	48,5
Schloß Zeil . .	5,1	18,3	Brocken	25,4	93,0
			Schneekoppe . .	26,1	95,8

„Unter den Jahreszeiten tritt vornehmlich der Winter mit größtem Sturmreichtum hervor, dem an den meisten Stationen der Herbst folgt. Doch ist fast in der Hälfte der Stationen das Frühjahr sturmreicher, als der Herbst und unter den Höhenstationen in Claustal, Schmücke, Böttingen und Schloß Zeil.

„Die Höhenstationen fügen sich im allgemeinen in das Windgebiet ihrer Umgebung ein, die geographische Lage ist einflußreicher, als die Höhe; Ausnahmen bilden nur die ganz isolierten Bergkuppen Brocken, Schneekoppe, auch Claustal. Wie wenig die Seehöhe ausschlaggebend ist, zeigen am deutlichsten die Stationen Brocken und Höchenschwand; bei einem Höhenunterschied von nur 135 m ist die Windgeschwindigkeit auf dem Brocken mehr als doppelt so groß, als in Höchenschwand (866,9: 364.5 m). „Faßt man die Gruppen 3 und 4, also 10—15 und über 15 m. p. s. in eine zusammen, so zeigt sich, daß starke und stürmische Winde auf der Schneekoppe in 39,1, auf dem Brocken in 38.1 % wehen; mit großem Abstand kommt ihnen zunächst der Große Belchen (15,8 %), dem Claustal 12,1 und Schopfloch mit 11,3 % folgen“ (Aßmann S. 22).

7. Über die Windstärken in Österreich teile ich aus dem oft genannten Werke (Klimatographie) einiges mit.

„Über die Heftigkeit der Luftbewegung in den verschiedenen Teilen Niederösterreichs[1]) fehlen vergleichbare Daten ganz.

Das Marchfeld, das Wiener Becken und das Steinfeld dürften die heftigsten Winde und zahlreichsten Stürme haben, die wenigsten wohl das Waldviertel. Wien, Wiener Neustadt, Neunkirchen haben oft heftige W-Stürme, während gleichzeitig im Waldviertel und unter dem Manhartsberg die Luftbewegung mäßig ist.

Zählt man die Tage, an denen die mittlere Windgeschwindigkeit einer Stunde mindestens 20 m pro Sekunde (Windweg 72 km) als Sturmtage, so gab es in Wien (Hohe Warte) im Durchschnitt der letzten 28 Jahre deren 18,0 pro Jahr (1874: 36, dagegen 1900 nur 6).

Das mittlere Jahresmaximum der Windstärke auf dem Anemometer beträgt 29 m; absolute Maxima 36—38 m; aber das sind mittlere Stärken für eine ganze Stunde; die Stärke der einzelnen Windstöße bei den heftigsten Stürmen überschreitet jedenfalls diese Zahlen beträchtlich".

Eine weitere Bemerkung Hanns in dieser Beziehung ist für den Waldbau von einer gewissen Bedeutung, da die Erscheinung sich im kleinen vielfach wiederholt.

Noch ein Umstand ist zu beachten: „der Temperaturunterschied zwischen der Niederung von Wien und dem Wienerwald. Die Wienerwaldgegenden sind im gleichen Niveau durchschnittlich um mehr als einen halben Grad kühler als das Wiener Becken, das ist ein großes mittleres Temperaturgefälle für eine relativ kurze Strecke. Dieses Temperaturgefälle verstärkt sich bedeutend nach den öfteren reichlichen Regen, die im Wienerwald fallen, über den Ebenen im O davon aber spärlich werden oder ganz fehlen: dort herrscht stärkere Himmelsbedeckung und Verdunstungskühle nach dem Regen, hier mehr heiterer Himmel, rasche starke Erwärmung. Das gibt Druckstufen auf kurze Entfernung, die zu heftigen, lokalen Winden Veranlassung geben . . .

Wo rasch sich erwärmende Gebiete, wie große, weniger vegetationsreiche, mehr trockene Niederungen, nahe an waldige, gebirgige Gebiete grenzen, die mehr Regen haben und deshalb im Sommer naturgemäß kühler sind, da gibt es ständige, heftigere Winde von der kühleren Gegend her, die sich leicht zur Sturmstärke steigern, wobei der allgemein herrschende Gradient natürlich die Hauptrolle spielt" (S. 18).

„Vergleichbare Windstärkemessungen fehlen in Steiermark vollkommen. Freie Höhen und Sturmtäler zeigen in der Tat eine große Neigung zu heftigen Winden. Die Bürgeralpe (1267 m) hat 80,5, Tragöß (765 m) 86,5 Sturmtage im Mittel des letzten Jahrzehnts. Ihre größte Häufigkeit fällt auf den Winter und Frühling, die geringste auf den Herbst . . . Die meisten anderen Stationen genießen den Windschutz der Berge. So wurden in Aussee nur 10, St. Lambrecht 17, St. Jakob 22,

---

[1]) A. a. O. S. 17.

Graz 20 und Gleichenberg gar nur 8 Tage im 20 jährigen Mittel erhoben, an denen eine Windstärke von 6 und mehr Graden geschätzt worden ist" (S. 29).

In Salzburg[1]) „gibt es nach 26 jährigen Aufzeichnungen im Jahre 8 Tage mit Sturm (Windstärke 6—10), die sich folgendermaßen auf die Jahreszeiten verteilen: Winter 3,6; Frühling 2,6; Sommer 0,9; Herbst 1,1".

Vom Pongau und Pinzgau sind die Sturmtage für 2 Stationen angegeben[2]).

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Rauvis (940 m) . . .	4,0	3,2	0,8	1,1	9,1
Sonnblick (3106 m) .	33,0	29,4	19,0	27,3	108,7

Die Winde aus Westen sind die häufigsten.

8. Wie die Geschwindigkeit des Windes durch den Wald beeinflußt wird, auf welche Entfernung hin vorliegende Bestände den hinterliegenden Schutz gewähren, ist noch selten untersucht worden. Nur Murat in Bukarest[3]) hat darüber Studien angestellt, deren Resultate von hohem Interesse sind.

Auf der Leeseite des Waldes wird die Geschwindigkeit verkleinert. Auf 50 m Entfernung vom Walde beträgt die Abnahme 3—12 km pro Stunde oder ca. 1 Grad der Beaufortskala (also 0,83—3,33 m p. s.). Bis 100 m Entfernung ist die Verkleinerung noch bemerkbar, dann nimmt die Geschwindigkeit wieder zu. In 500 m Entfernung ist die Geschwindigkeit wieder erreicht, die der Wind hatte, ehe er den Wald traf.

Für die Breite der Schläge, den Abstand verschieden alter Bestände, die Größe und Form der Abteilungen und die Entfernung der Abteilungslinien von einander lassen sich Schlüsse aus diesen Angaben herleiten. Soll der Jungwuchs gegen schädliche Winde geschützt werden, so dürfen die Schläge nicht viel breiter als 100 m gemacht werden. Ein 500 m vom rückliegenden Bestand entfernter Bestand genießt vom ersteren keinen Windschutz mehr.

§ 63. Die Richtung des Windes.

1. Die Windverteilung in Deutschland nach den 4 Quadranten ergibt sich auf Grund der Zusammenstellungen von Aßmann[4]) aus folgender Übersicht (die Windstillen sind nicht in Rechnung gezogen):

---

[1]) Klimatogr. v. Salzburg, S. 28.

[2]) A. a. O. S. 61.

[3]) Meteorol. Zeitschrift 1908, 229.

[4]) A. a. O. S. 26 ff.

Tabelle 21.
Windrichtungen.

Quadranten	Nord	Ost	Süd	West
Tiefere Stationen				
Winter	14,9	19,6	28,2	32,7
Frühjahr	22,3	21,2	21,1	30,8
Sommer	21,2	14,7	20,3	38,1
Herbst	15,6	18,9	27,0	31,6
Jahr	18,6	18,7	24,1	33,4
Höhenstationen				
Winter	15,0	16,0	25,0	39,9
Frühjahr	20,6	18,7	20,9	36,7
Sommer	19,2	15,4	19,6	41,7
Herbst	15,4	17,9	25,8	36,9
Jahr	17,7	17,0	22,8	38,8

Die Winde aus dem westlichen Quadranten überwiegen an den tieferen Stationen die aus dem Osten fast um das Doppelte (33,4: 18,7); ebenso sind die südlichen Winde häufiger, als die nördlichen (24,1: 18,6). Aus Süd und West kommen 57,5 %, aus Nord und Ost 37,3 % aller Winde. Auf den Höhenstationen tritt eine Verschiebung nach Westen auf Kosten der übrigen Windrichtungen ein; die Häufigkeit der Westwinde steigt auf 38,8 %, die der Süd- und Westwinde zusammen auf 61,6 %, aus Nord und Ost kommen nur 34,7 % aller Winde.

2. Für waldbauliche Zwecke empfiehlt sich eine weitere Teilung der Windrichtungen. Es ist aber nicht nötig, die einzelnen Gebiete aufzuführen. Für die Eigentümlichkeit derselben genügt die Bemerkung, daß entweder die Südwest- oder die Westwinde überwiegen und zwar haben

mehr Südwinde: 1. Nordseeküste, 3. Westdeutschland, 7. Nordostdeutschland, 9. Südwestdeutschland, 10. Süddeutschland;

mehr Westwinde: 2. Ostseeküste, 4. nördliches Mitteldeutschland, 5. südliches Mitteldeutschland, 6. Ostdeutschland, 8. Südostdeutschland.

Die Nordostwinde wehen am häufigsten in Süddeutschland (20,3 %), weniger häufig in Südwestdeutschland (11,1 %) und Ostdeutschland (11,6).

3. Fassen wir zunächst die NE-, E- und SE-Winde, sowie die SW-, W- und NW-Winde je in eine Gruppe zusammen, so entsteht folgende Übersicht:

Tabelle 22 a.

Winde aus Ost und West.	NE E SE	In Prozenten SW W NW
1. Bezirk	29,5	50,9
2. „	31,6	42,5
3. „	23,2	54,3

	Winde von Ost und West. NE E SE	In Prozenten SW W NW
4. „	29,5	52,4
5. „	23,5	48,7
6. „	30,7	51,5
7. „	33,2	46,7
8. „	25,9	52,6
9. „	26,6	44,6
10. „	32,5	53,3
Mittel der niederen Stationen	28,5	49,0
Höhenstationen Mittel	24,9	54,4

4. Wie in höheren Stationen zu allen Jahreszeiten die Westwinde das Übergewicht bekommen, ergibt sich aus folgender Übersicht:

Tabelle 22b.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
			Niedere Stationen.		Mittel.	In Prozenten.		
Winter	5,8	9,6	9,5	10,6	11,7	**22,4**	17,1	8,7
Frühjahr	9,5	13,1	10,1	9,1	8,2	**16,6**	16,2	12,6
Sommer	8,6	9,5	6,6	6,7	7,7	18,4	**21,0**	15,8
Herbst	6,2	9,4	9,0	10,4	11,5	**20,7**	16,5	9,4
Jahr	7,6	10,4	8,9	9,2	9,7	**19,5**	17,8	11,7
			Höhenstationen.	Mittel.	In Prozenten.			
Winter	6,1	6,9	8,5	8,1	10,3	21,2	**23,8**	11,0
Frühjahr	9,1	9,5	10,2	7,7	8,6	16,9	**21,4**	13,5
Sommer	8,3	7,3	8,5	6,4	7,8	17,2	**25,7**	14,7
Herbst	6,4	7,7	9,5	9,1	11,1	20,3	**21,4**	10,5
Jahr	7,5	7,9	9,2	7,8	9,5	18,9	**23,1**	12,4

5. Für forstliche Zwecke sehr dienliche Winke enthält die folgende Tabelle, da sie die vorherrschenden Winde noch deutlicher, als die obigen Zusammenstellungen, heraustreten läßt[1]).

Tabelle 23.

Häufigkeit der Windrichtungen in Prozenten.

	Jahr: Häufigste	Zweithäufigste	Verhältnismäßig häufige	Seltenste
1. Nordseeküste	SW 19,6	NW 15,9	W 15,4	S 7,5
2. Ostseeküste	W 15,9	SW 14,9	SE und NW 11,7	N 8,0
3. Westdeutschland	SW 26,6	W 15,5	NW 12,2	SE 5,8
4. Nördlich. Mitteldeutschland	W 22,0	SW 16,5	NW 13,9	N 5,1
5. Südliches Mitteldeutschland	W 20,5	SW 16,3	S 13,8, NW 11,9	NE 6,3
6. Ostdeutschland	W 21,8	SW 18,6	E 11,8 NE 11,6	S 6,0
7. Nordostdeutschland	SW 18,1	SE 17,3	W 16,7, NW 11,9	N 6,1
8. Südostdeutschland	W 19,1	NW 17,0	SW 16,5, S 12,1	NE 5,4
9. Südwestdeutschland	SW 24,7	W 12,2	NE 11,1, S 10,4	SE 6,6
10. Süddeutschland	SW 23,3	W 20,7	NE 20,3	S 3,5

[1]) A. a. O. S. 29.

Die Abweichungen in den einzelnen Jahreszeiten sind nur unbedeutend; sie sind deshalb nicht aufgeführt.

6. Die Richtung der Winde in Württemberg beträgt nach einer gesonderten Zusammenstellung der Daten aus dem Meteorologischen Jahrbuch im Durchschnitt von 44 Stationen — allerdings mit verschieden langer Beobachtungszeit — in Prozenten:

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
6,0	12,7	12,3	6,7	4,8	20,4	25,0	12,1

Aus dem Westquadranten kommen 57,5 % aller Winde.

7. Die Besonderheiten eines Gebirgslandes lassen sich aus den eingehenden Mitteilungen im ,,Klima der Schweiz"[1]) ersehen.

Im Gebirge herrschen die allgemeinen Winde nur in den Höhen; die großen und kleinen Täler bleiben von den allgemeinen Luftströmungen oft unberührt. Soll die allgemeine Strömung in ein Tal Eingang gewinnen, so muß sie oft eine Ablenkung erfahren.

Dagegen spielen die Lokalwinde, die Berg- und Talwinde, sowie der Föhn eine sehr bedeutende Rolle. Die Berg- und Talwinde treten in allen Tälern auf; bei Tag weht der Wind talaufwärts, bei Nacht talabwärts.

Auffallend groß ist die Zahl der Windstillen in den Tälern und selbst auf einzelnen Plateaux.

Die Schweiz zerfällt in zwei deutlich von einander geschiedene Gebiete. Im allgemeinen überwiegen der geographischen Lage entsprechend die West- und Südwestwinde. In der West- und Südwestschweiz tritt dagegen die zweite Hauptwindrichtung der Nord- und Nordostwinde deutlich hervor.

Tabelle 24.

	Windrichtungen in Prozenten.								
Stationen	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Kalmen
1. St. Gallen . .	7	7	3	1	2	22	5	4	49
2. Zürich	5	12	8	3	4	9	13	8	38
3. Luzern	5	4	3	9	3	8	2	2	64
4. Bern	6	10	2	3	1	10	6	2	60
5. Basel	12	3	19	16	9	6	18	9	8
6. Schaffhausen .	1	10	1	7	3	14	2	2	60
7. Chaumont . .	7	17	6	2	1	10	13	16	28
8. Neuchâtel . .	4	28	3	2	2	22	9	7	23
9. Lausanne . .	10	15	2	3	3	13	5	4	45
10. Genf	20	9	5	4	15	12	4	3	28
11. Rigikulm . . .	0	6	7	15	8	16	18	18	12
12. Säntis	4	8	4	4	10	32	25	6	7
	Mittlere Häufigkeit.								
13. Monte Generoso	10,1	45,9	43,2	394,1	4,2	61,4	20,7	403,9	111,9

[1]) 1, 124; 146; 179; 199; 212; 232; 257.

„Das Engadin ist gleich dem Wallis den allgemeinen Luftströmungen entzogen, was sich in der großen Zahl der Kalmen ausspricht. Bevers hat 50 %, Schuls im Unterengadin gar 90 % Kalmen im Jahresmittel. In diesem bergumschlossenen Hochtal machen sich also bei weitem nicht alle Luftbewegungen bemerkbar, die über dem schweizerischen Mittellande auftreten; es muß ein Wind schon eine gewisse Stärke erreichen, bis er im Engadin, wenigstens in der Talsohle, zur Geltung kommt; im allgemeinen nur diejenigen Winde, die über dem Mittellande die größten Intensitäten aufweisen, also vor allem die Südwest- und Weststürme und dann noch die Nordwinde“. (S. 212.)

8. Für Österreich sind der im Erscheinen begriffenen „Klimatographie von Österreich“ die Angaben für einzelne Gegenden entnommen.

„Ganz Niederösterreich hat sehr gleichmäßige Windverhältnisse. Überall überwiegen die W-Winde zu allen Jahreszeiten; überall werden die Nordwinde im Frühjahr häufiger und die E- und SE-Winde im Frühling und Herbst. Im Sommer erreichen die W- und NW-Winde eine noch größere Häufigkeit als in den anderen Jahreszeiten. Die häufigsten S-Winde haben der Oktober und November“ (S. 16, 17).

Die Ausführungen über die Windverhältnisse von Steiermark[1]) sind sehr beachtenswert, weil die Schilderungen wohl auch auf andere Bergländer Anwendung finden können.

„Die Windbeobachtungen in einem Berglande begegnen erheblichen Schwierigkeiten und unterliegen großer Ungenauigkeit. Die meisten Winde werden durch Berglehnen in die Richtung der Täler abgelenkt, vorspringende Bergnasen werden zu Wirbelbewegungen in den dahinter gelegenen Talbuchten Anlaß geben und der dorthin geworfene Wind kann dann die entgegengesetzte Richtung des Druckgefälles annehmen. Die Bergketten, welche Längentäler, wie das Enns- und das Murtal bis Bruck gefalzt haben, hemmen das Einfallen von N- und S-Winden, sowie das Quertal der Mur von Bruck bis Peggau andererseits keine reinen E- oder W-Winde einströmen läßt. Nur zwischen Einsattelungen und Berglücken, oder wo Seitentäler einmünden, können Luftströme abfließen, die senkrecht auf die Talrichtung wehen. Andererseits verursachen gewisse Bergketten, die man als Windschutz anzusprechen gewohnt ist, „rein örtliche Winde dadurch, daß sie die luvseits angestauten Luftmassen höheren Drucks durch verstärktes Gefälle im Lee in Täler werfen, deren Luft infolge geringeren Luftdrucks von der Seite her angesaugt wird (Fallwinde, Föhn).“

In Salzburg sind die Nordwestwinde die häufigsten; die Südwinde (wegen des Föhns) kommen ihnen am nächsten. An den übrigen Stationen übt die Talrichtung einen entscheidenden Einfluß aus; jede Station hat eine andere Verteilung auf die einzelnen Windrichtungen. Nur die Station Sonnblick hat die durch die allgemeinen Luftströmungen bedingte, lokal nicht beeinflußte Frequenz der verschiedenen Richtungen.

---

[1]) A. a. O. S. 25.

Die geschützte Tallage von Rauris zeigt sich in der hohen Zahl windstiller Tage (266).

Tabelle 25.

Mittlere Häufigkeit der Winde in Österreich.[1] Tage.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Windstillen	Stürme
Niederösterreich:										
Klein-Pertenschlag im Waldviertel	26	36	26	15	7	77	89	33	56	18
Dürnkraut unter dem Manhartsberg	42	5	4	23	36	9	63	52	131	11[2]
Fahrthof ob dem Wienerwald	5	28	62	1	2	8	138	2	119	26
Wien unter dem Wienerwald	34	19	15	44	23	19	102	68	41	—
Steiermark:[3]										
Ennsgau	14	34	21	35	21	70	81	75	13	11
Murgau	17	60	12	6	14	86	34	27	109	17
Mürzgau	11	5	29	76	10	5	43	179	7	81
Raabgau	34	6	4	10	26	6	19	69	194	22
Mittelsteier	17	39	25	68	44	78	34	36	24	14
Untersteiermark	19	49	47	97	14	89	27	23	—	—
Triest[4] (auf 1000 Std. reduz.)	15	267	200	148	17	70	66	74	143	19
Salzburg[5] (430 m) . . .	2	10	1	43	64	39	22	124	59	
Zell am See (754 m) . .	2	78	4	4	31	28	16	5	198	
Rauris (940 m)	93	10	5	4	21	1	8	37	266	
Bad Gastein (1023 m) . .	8	46	31	9	57	97	12	4	101	
Sonnblick (3106 m)	68	40	19	14	27	75	53	53	16	

9. Die Winde aus dem westlichen Quadranten herrschen nach Supan[6]) im allgemeinen vor im größten Teile von Frankreich (im Gebiet gegen das Mittelmeer überwiegen die Nordwinde), Belgien, Holland, Jütland, Dänemark, Schweden, im südlichen Norwegen (im westlichen und nördlichen Südwinde), auf den britischen Inseln. Nicht so scharf ausgeprägt ist das Windsystem in den nördlichen und östlichen Ländern, in denen neben den Westwinden auch solche aus N und S auftreten.

10. Das entschiedene Überwiegen der Westwinde, gegen die die Bestände zu schützen sind, weist der Hiebsrichtung, der Hiebsfolge ihre Bahn deutlich an. Lokal können auch die NE-Winde beachtet werden müssen.[7])

---

[1]) Klimatographie von Österreich I, 30. 42.

[2]) Von Station Feldsberg.

[3]) Klimatographie von Österreich. III, 44; 62; 80; 97; 115; 136.

[4]) II. 33.

[5]) V, 27; 60.

[6]) Statistik der unteren Luftströmungen, 1881.

[7]) Vgl. Eifert, Forstl. Sturmbeobachtungen im Mittelgebirge. 1903.

Es ist aber nicht zu vergessen, daß die Einwirkung der Winde in der Waldwirtschaft erwünscht sein kann, so beim Austrocknen der Wege und nasser Stellen im Walde, beim Austrocknen des Bodens im Frühjahr, bei Austrocknen des im Walde liegenden Holzes, der größeren und kleineren Holzstöße, der Hölzer auf Lagerplätzen, beim Dörren des Grases aus den Beständen (Seegras), von Wegböschungen, Lichtungen; bei Auflagerung von Schnee auf den Ästen, bei Ansetzen von Duft an den Ästen, bei Abtrocknen der Baumkronen zur Zeit der Reinigungshiebe und Durchforstungen.

§ 64. Die Geschwindigkeit der einzelnen Windrichtungen.

1. Aßmann gibt eine Zusammenstellung der Windgeschwindigkeiten für jede Station. Aus seiner Tabelle 8[1]) kann man ersehen, wie viele Winde von N, S etc. schwach, mäßig, frisch, stark waren. Im allgemeinen sind die SW-, W- und NW-Winde die stärksten; doch kommen mancherlei Abweichungen vor. Für die Windverhältnisse ist ein lokales Studium unerläßlich.

Einige Stationen mögen zu diesem Zwecke herausgegriffen werden.

Tabelle 26.

Windgeschwindigkeit in m p. s.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	Prozentische Verteilung der Geschwindigkeiten in den einzelnen Windrichtungen.							
				Kiel.				
0—2	33,2	40,5	33,1	35,8	20,9	16,2	15,0	19,1
2—5	48,1	44,0	49,5	51,3	53,8	47,0	45,5	49,2
5—10	15,9	13,8	15,7	11,8	20,9	26,7	27,5	24,4
10—15	2,6	1,7	1,7	1,2	4,1	8,5	10,2	6,3
über 15	0,2	0,1	0,0	0,0	0,4	1,5	1,8	1,2
				Celle.				
0—2	75,0	72,5	68,4	77,4	76,4	63,8	56,7	62,9
2—5	20,5	24,0	26,1	20,3	20,7	28,9	32,7	29,8
5—10	3,9	3,1	5,0	2,0	2,5	5,6	8,4	6,0
10—15	0,7	0,5	0,5	0,3	0,4	1,6	2,1	1,4
über 15	—	—	—	—	—	—	0,1	0,0
				Freiberg.				
0—2	1,3	1,8	1,6	1,9	2,3	1,1	1,3	0,9
2—5	36,2	41,2	46,5	46,1	46,3	37,5	32,8	31,2
5—10	55,8	52,2	48,5	48,5	46,0	50,7	52,7	55,6
10—15	6,2	4,6	3.1	3,0	4,8	10,0	12,0	10,7
über 15	0,5	0,3	0,2	0,4	0,5	0,8	1,3	1,5
				Friedrichshafen.				
0—2	25,3	21,0	49,0	48,8	35,6	26,0	21,6	35,9
2—5	56,9	54,0	47,7	45,5	51,6	53,5	55,6	53,7
5—10	14,3	18,7	2,8	4,3	8,5	12,4	16,4	8,5
10—15	2,9	4,3	0,4	0,4	2,4	4,3	4,0	1,5
über 15	0,8	2,1	0,2	1,2	1,9	4,0	2,4	0,5

[1]) A. a. O. S. 31.

Windgeschwindigkeit in m p. s.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	Prozentische Verteilung der Geschwindigkeiten in den einzelnen Windrichtungen.							
				Brocken.				
0—2	9,0	8,8	4,8	6,6	9,1	3,6	2,2	3,0
2—5	33,3	32,5	24,9	31,3	38,7	18,2	17,6	19,8
5—10	34,6	38,8	34,6	36,9	33,0	30,3	32,3	36,0
10—15	16,6	14,0	23,7	20,3	13,4	28,1	28,0	17,6
über 15	6,5	5,9	12,0	4,9	5,8	19,8	20,7	13,7
				Höchenschwand.				
0—2	56,0	37,1	61,4	79,5	79,8	41,8	33,4	44,1
2—5	33,3	43,3	25,1	17,8	15,4	33,2	28,6	38,7
5—10	9,7	17,3	12,3	2,4	4,6	19,3	27,9	14,5
10—15	0,9	2,0	1,1	0,2	0,1	3,9	6,0	2,2
über 15	0,1	0,2	0,2	—	0,3	1,8	4,2	0,6

In Celle sind die Winde aller Richtungen schwach, in Kiel und Friedrichshafen mäßig, in Freiberg frisch. In Höchenschwand sind die meisten Winde schwach, auf dem gleich hohen Brocken dagegen frisch. Auf dem Brocken sind 48 % aller Westwinde stürmisch, in Höchenschwand nur etwa 20—25 %. In Friedrichshafen sind die NE-Winde ebenso stürmisch, als die W-Winde (je 6,4 %). Die letzteren werden aber von den SW-Winden an Stärke übertroffen (8,4 %).

2. Dem Werke „Das Klima der Schweiz" entnehme ich einige Angaben über die Geschwindigkeiten nach Windrichtungen.

Relative Beträge der Windwege für Zürich[1])
(Summe der Windwege = 1000).

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
99	180	19	43	87	182	254	136

Die mittlere Zahl der Tage mit „starkem Wind" beträgt pro Jahr (1891—1900) in

St. Gallen	29,3	Bern	71,0
Zürich	51,2	Neuchâtel	62,4
Luzern	15,6	Genf	55,3
Basel	38,5	Lohn bei Schaffhaus.	38,7
		Chaumont b. Neuchâtel	76,6

Die mittlere Windgeschwindigkeit auf dem Säntisgipfel (2504 m) ist 7,23 m p. s. (Oktober 8, 1; Dezember, Februar 8, 0; März 7, 9; Januar 7, 8).

„Die größte Windstärke haben, wie überall, die häufigsten Winde, die geringste die selteneren Windrichtungen." (S. 201).

Mittlere Windgeschwindigkeit auf dem Säntis.
Kilometer pro Stunde.

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Mittel
15,6	20,1	19,2	18,1	24,3	32,2	32,1	15,3	26,1
			Mittlere Stärke der Winde in Lugano.					
1,6	1,8	1,3	1,1	1,1	1,2	1,1	1,4	—

[1]) A. a. O. 1, 126.

„Lugano hat nur Winde aus dem Nordquadranten; diese sind im Winter und Frühjahr am häufigsten und erreichen zu dieser Zeit auch die größte Intensität. Dasselbe gilt für alle tessinischen Stationen" (S. 259).

3. An den 44 württembergischen Stationen wurden 352 Stürme beobachtet; die Beobachtungen erstrecken sich auf den einzelnen Stationen auf die Dauer von 5—18 Jahren.

Verteilung der 352 Stürme.

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	26	20	7	7	133	125	33
					258		
		61				291	
In Prozenten							
0	7,4	5,7	2,0	2,0	37,9	35,6	9,4
					73,5		
		17,1				82,9	

Die meisten Nordoststürme haben Friedrichshafen und Baldern in den Wintermonaten, die meisten Oststürme hat Isny.

4. Abweichende Verhältnisse ergeben sich für Triest und Umgegend (den Karst), weshalb sie mitgeteilt werden sollen.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	Mittlere Windwege.							
Triest[1]	33	2095	574	246	35	164	95	105

§ 65. Praktische Schlußfolgerungen.

1. Die nützliche Wirkung der Winde besteht in der Zufuhr neuer Luftschichten. Durch diese wird eine starke Abkühlung durch Ausstrahlung und die Ansammlung kalter oder sehr feuchter Luft in Einsenkungen verhindert. An frostgefährdeten und dumpfen Stellen des Waldes ist die Einwirkung des Windes zu begünstigen (Durchforstungen, Lichtungen, Gassenhiebe, Mischung dicht beasteter Holzarten mit Lichtholzarten). Dadurch wird zugleich die Bewegung der Luft im Boden vermehrt.

2. Wo der Wind konstant weht, erhöht er die Verdunstung des Wassers aus dem Boden und aus den Pflanzen. Bei hohen Niederschlägen ist diese Wirkung weniger schädlich, als bei geringen.

3. Die schädlichen Wirkungen des Windes treten an exponierten Stellen besonders deutlich hervor. Daraus ist zu schließen, daß der Wind eine ähnliche, wenn auch schwächere Wirkung überall äußert. Das Wachstum an windgeschützten Stellen ist überall besser. Im Walde

[1]) Klimatographie von Österreich, II, 33.

ist — abgesehen von den besonderen, oben genannten Fällen — der Windschutz vorteilhaft. Durch dichten Schluß der Randbäume, durch Belassung eines Windmantels rings um jüngere Bestände, durch Stehenlassen windbrechender Vorwüchse und Sträucher, selbst Gräser, durch dichteren Stand der Pflanzen kann eine Verringerung der Verdunstung erzielt werden. Da die meisten Winde in der Regel aus SW, W und NW kommen, so ist besonders am Westrande der Wälder und Bestände dieser Schutz nötig. An manchen Stellen kann auch gegen Ostwinde ein solcher angezeigt sein.

4. Da auch die Stürme größtenteils von W kommen, so ist auch gegen heftige Winde der Schutz des Waldes auf der Westseite geboten. Dies wird durch Erziehung widerstandskräftiger Traufbäume und Erhöhung der Standfestigkeit aller Bäume, auch derjenigen im Innern des Bestandes erreicht (weite Stellung, Durchforstungen, Anbau widerstandsfähiger Holzarten, Abdachung der Bestände nach der Windseite hin, unter Umständen Entwässerung).[1]

B. Die Lage.

§ 66. Allgemeines.

1. Die klimatischen Faktoren zeigen außerhalb des Gebirges auf größere Entfernungen hin keine erheblichen Unterschiede. Die Lufttemperatur schwankt selbst im Hügellande auf 1—200, in der ausgedehnten norddeutschen oder der ungarischen Ebene auf 5—600 km nur um einige Zehntelgrade. Auch die Niederschläge sind im ebenen und leicht hügeligen Lande auf eine Entfernung von 1—200, selbst 3 bis 400 km nur wenig von einander verschieden. Die täglichen Beobachtungen zeigen aber deutliche Unterschiede in der Vegetation. Man führt diese auf die Lage zurück und spricht von guter und schlechter, milder und rauher, warmer und kalter, geschützter und exponierter, hoher und niedriger Lage und will damit die topographische Eigentümlichkeit eines Ortes zum Ausdruck bringen. Beim Schmelzen des Schnees, dem Ergrünen der Grasflächen, dem Reifen der Früchte, dem Abfall der Blätter, bei der Entwickelung der Vegetation überhaupt, zeigen sich auf kurze Entfernungen hin oft erhebliche Unterschiede. In Tälern beobachtet man, daß Äcker und Weinberge an den Süd- und Westhängen sich ausbreiten, während der Wald die Nordhänge bis zur Talsohle bedeckt. Im Hochgebirge, aber auch in manchen Mittelgebirgen sind die Holzarten am Hange deutlich bänderweise von einander geschieden.

---

[1]) In Amerika herrschen andere Windverhältnisse als in Europa.

Die Wirkung der klimatischen Elemente wird durch örtliche Einflüsse verändert. Diese sind: die Höhe über dem Meer, die Exposition, die Neigung gegen den Horizont, die Gestaltung der Oberfläche und die nächste Umgebung eines Orts.

Von diesen örtlichen Einflüssen ist nicht nur der reiche Wechsel der Vegetation hervorgerufen, sondern manchmal der Charakter der ganzen Wirtschaft abhängig.

2. Durch den Verlauf der Täler sind die Expositionen der Bergzüge bestimmt. Bei süd-nördlicher Talrichtung herrschen die Ost- und Westhänge, bei ost-westlicher die Süd- und Nordhänge vor. Seitenbäche verändern das Bild des Haupttales, so daß an einem langen Bergzug in der Regel drei Expositionen — die Exposition des Haupt- und zwei Expositionen des Nebentales — vorkommen. Ein sprechendes Beispiel für den Einfluß der Exposition bildet der Schwarzwald: Einförmigkeit auf dem kälteren Osthang in Württemberg, Mannigfaltigkeit und Üppigkeit auf der badischen Westseite bei denselben Gesteinsarten. In schmalen Tälern treffen wir vielfach andere Holzarten auf der Süd- und Westseite, als auf dem Ost- und Nordhang.

3. Der Neigungsgrad macht sich beim Schmelzen des Schnees am ausgesprochensten geltend. Die steiler geneigten Teile sind zuerst schneefrei. Die Bestockung wird mit der größeren Steilheit der Hänge unregelmäßiger und lückenhafter. Die ganze waldbauliche Tätigkeit wird bei großer Steilheit der Hänge erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht (Fällung des Holzes, Säen, Pflanzen; Unzugänglichkeit durch steile Felsbänder; Abbröckeln der Gesteine; Schutthalden, Rutschflächen, Lawinen; schwierige und kostspielige Wegbauten, Erstellung von Riesen).

4. Mit der Höhe über dem Meer ändert sich die Zusammensetzung der Bestände. Die Zahl der Holzarten wird nach oben hin immer kleiner, das Wachstum wird bei der kürzeren Vegetationszeit geringer. Sturm und Schnee, mancherorts der Weidebetrieb führen zu lichter Bestockung, zum Weidewald.

5. Die Gestaltung des Terrains (isolierte Berge, Hochebenen) und die Einwirkung der nächsten Umgebung (offene oder geschützte Lage), welliger Verlauf des Geländes, Rücken, Mulden bringen reichen Wechsel in die waldbauliche Tätigkeit. Selbst bei Insektenschaden (Nonne) scheint die windgeschützte Lage eine Rolle zu spielen.

6. Von der Lage ist an vielen Orten die ganze Wirtschaft beeinflußt, ja bestimmt; ihre Bedeutung kann daher nicht leicht überschätzt werden. Im Hochgebirge gibt es Reviere, die nur eine Talseite, also die Ost- oder die Westhänge umfassen, andere die vom Tal bis zur Baumgrenze sich erstrecken, oft mehrere Täler durchlaufen, die sanft geneigten Schutthalden unten und den Steilabfall des Hanges oben in sich schließen.

Wie einfach ist dagegen die Wirtschaft in der Ebene oder im Hügellande! Die Zahlen über Rohertrag, Ausgaben, Reinertrag lassen diese Einflüsse erkennen. Ohne ihre Würdigung bleiben die Unterschiede im Ertrage von Revier zu Revier unverständlich.

I. Meereshöhe, sowie geographische Länge und Breite.

§ 67. Waldgrenze und Baumgrenze.

1. Die Mittelgebirge und die Vorberge der Hochgebirge sind in der Regel bis oben bewaldet. Der Wald ist in den tieferen Lagen geschlossen, in den höheren ist in der Regel nur lichter Schluß vorhanden. Bald ist von unten bis oben nur eine Holzart vertreten (Fichte, Tanne, Buche), oder es scheiden sich deutlich mehrere Gürtel aus, so daß z. B. über dem landwirtschaftlichen Gelände die Tanne, dann die Buche und über der Buche die Fichte folgt. Auf den obersten Kuppen ist manchmal allerdings Weide (so auf dem Feldberg, Blauen etc.) zu treffen. Die einzeln auf der Weide stehenden Bäume zeigen aber, daß nicht klimatische, sondern vorherrschend wirtschaftliche Faktoren die Waldgrenze bestimmt haben.

Die menschlichen Ansiedelungen sind in den höheren Lagen der Mittelgebirge selten und gehen nur ausnahmsweise über die Höhe von 1000 m hinaus.

2. Anders im Hochgebirge. An ununterbrochen ansteigenden Berghalden lassen sich an zahlreichen Orten folgende, deutlich sich abhebende Regionen unterscheiden: die Kulturregion mit Gärten, Äckern, Wiesen, Obstanlagen, über dieser die Region des Laub-, dann die des Nadelwaldes. Oberhalb des Waldes breiten sich die Weiden mit einzelnen Bäumen und Sträuchern aus. Über den Weiden ziehen sich die vielfach kahlen und vegetationslosen Schutthalden hin, über welchen die Schneeregion folgt.

Schematische Darstellung der Regionen in den Alpen.

1. Kulturregion 550—800 m ü. M. Grenze der Rebe, der Edelkastanie.

2. Region des geschlossenen Waldes. Obere Grenze 13—1500 m ü. M. Obere Grenze dieser Region = Waldgrenze: a) Laubholz bis 1300 m; b) Nadelholz bis 1500 m.

3. Region des „aufgelösten" Waldes. Obere Grenze 18—2200 m. Obere Grenze dieser Region = Baumgrenze. Untere Grenze 1300 bis 1500 m.

4. Alpine Weideregion. Grasnarbe auf Weiden und Wiesen. Gebüsch. Untere Grenze 1600—1800; 2000—2200 m.

5. Schneeregion, Nivalregion. Untere Grenze 3000—2500 m. Unproduktive Schutthalden und Steingerölle.

Die oberste, stets mit Schnee bedeckte Region, die Nivalregion, reicht bis 3000 m (Wallis und Engadin); 2800 (Tessin, Berner Oberland), 2500 (Nordschweiz, Säntis), 2600—2800 m in den Ostalpen herab. Unter der Schneeregion folgt die eigentliche alpine Region, ein Wiesen- und Weidegürtel, in dem sich einzelne Sträucher (*Juniperus nana*, *Alnus viridis*) oder verkrüppelte, strauchförmige Exemplare der Fichte finden. Sie ist eine baumlose Region. Die Ausdehnung des Waldes in diese Region hinein ist durch die klimatischen Verhältnisse ausgeschlossen [1]).

Die untere Grenze dieser alpinen Region reicht bis zur Baumgrenze, d. h. der Linie, welche durch das Auftreten einzelner, allerdings nicht normal entwickelter Bäume bestimmt wird. Die Ausdehnung dieses Wiesen- und Weidegürtels, der also zwischen der Schneelinie und der Baumgrenze sich hinzieht, hängt einerseits vom Auftreten der Schneegrenze, andererseits von der oberen Baumgrenze ab. Die vertikale Ausdehnung der alpinen Region schwankt zwischen 700 und 1000 m. Sie reicht bald bis zu 1600 und 1800, bald bis zu 2000, 2200 m in verschiedenen Gegenden herab.

3. In diesen letzeren Höhen (Region 3) treten die ersten, mehr oder weniger normal erwachsenen Bäume auf: Arven, Lärchen, Fichten, Grünerlen. Sie stehen einzeln, in Gruppen oder Horsten auf den oberhalb sich ausdehnenden Weiden oder auf Schutthalden etc. umher und bilden einen Gürtel, der über dem geschlossenen Walde sich ausbreitet (Region 3). Die obere Grenze dieses Gürtels bezeichnet man als Baumgrenze und unterscheidet sie von der tiefer liegenden Grenze des geschlossenen Waldes, der Waldgrenze. Oberhalb der Waldgrenze gibt es keine geschlossenen Wälder mehr, der Wald ist in Horste, Gruppen, einzelne Bäume „aufgelöst". Die Höhe dieses, meist mit Nadelhölzern bestockten Gürtels beträgt 300—500 m; er reicht also bis zu 1300, 1400, auch 1500 m herab.

4. Nun folgt die Region des geschlossenen Waldes (Region 2), die in den meisten Fällen in 2 Gürtel getrennt ist, in einen oberen, der aus Nadelholz, einen unteren, der aus Laubholz besteht. Die Nadelholzregion erstreckt sich meistens bis 1500, auch 1300 m herab; an diese schließt sich die Laubwaldregion an, die bis zur Kulturregion sich herabzieht. Letztere wird durch den Weinstock (550—800 m) oder die zahme Kastanie (1000 m) begrenzt.

Nach Christ [2]) entspricht der Kulturregion eine mittlere Temperatur von 8,7°, mit nur 2 Monaten unter Null; der Grenze der Buchenregion eine solche von 5,1°, der Grenze der Nadelwaldregion von 2,0; der ein-

[1]) Flahaut hält die Aufforstung in dieser Region Frankreichs für unmöglich. Revue des Eaux et Forêts. 1901, 385.

[2]) A. a. O. Seite 15.

stigen oberen Grenze jedoch, bezeichnet durch heutige zerstreute Maxima, nicht mehr als 1,3° [1]).

Schröter schließt der Regioneneinteilung von Christ sich an, die ungekünstelt ist und den tatsächlichen Zuständen am meisten entspricht. Die Waldregion und die unmittelbar sich anschließende Region des aufgelösten, meist von Weideflächen durchbrochenen Waldes kommen waldbaulich in erster Linie in Betracht.

5. Eingehende Untersuchungen über die Waldgrenze in der Schweiz hat Imhof [2]), über die Waldgrenze in den österreichischen Alpen Marek [3]) angestellt.

Als Hauptergebnis der Untersuchungen stellen übereinstimmend beide Autoren den Satz auf: im Hauptmassiv der Alpen ist die Waldgrenze höher, als in den Randgebieten. In der nördlichen Schweiz und im schweizerischen Jura liegt die Waldgrenze bei 1500—1600 m, steigt gegen das Innere der Alpen auf 1700—1900 m, um im Wallis und Engadin bei 2200 und 2300 m das Maximum zu erreichen. In der von Imhof gezeichneten Karte treten die Linien sehr scharf hervor. Zu ganz denselben Maximalwerten von 2300 m gelangt auch Marek für die Zentralalpen, während er für Vorarlberg, Salzburg, Oberösterreich ebenfalls 15—1600 m als Waldgrenze findet. Die größere Massenerhebung bringt eine höhere Temperatur mit sich. Auch ist im Innern der Alpen die Schneedecke und die Windeinwirkung geringer, als im Randgebiete.

6. Das Zurückbleiben des geschlossenen Waldes und das Auftreten der gruppen- und horstweisen und der vereinzelten Bestockung ist eine überraschende Erscheinung in allen Hochgebirgen. Sie harrt noch einer befriedigenden Erklärung, so sehr diese bei der praktischen Bedeutung der Frage zu wünschen ist. Zahlreiche Forscher, Botaniker und Pflanzengeographen haben sich seit langer Zeit mit der Frage beschäftigt. Außer den schon mehrfach genannten Autoren mögen noch erwähnt sein: Bonnier [4]), Flahaut [5]), Heer [6]), Hegetschwiler [7]), Kihlmann [8]) Leunis-Frank [9]).

---

[1]) Vgl. Schröter, a. a. O. Seite 9 ff.

[2]) Die Waldgrenze in der Schweiz. 1900. Sonderabdruck aus Gerlands Beiträgen zur Geophysik. Bd. IV, Heft 3.

[3]) Waldgrenzstudien in den österr. Alpen. 1910. Petermanns Mitt. Ergänzungsheft 168 (mit zahlreichen Literaturangaben).

[4]) Quelques observations sur la flore alpine d'Europe. 6.Serie. Bot.Tome X. 1880.

[5]) Les Limites Superieures de la Végétation forestière et les prairies pseudoalpines en France. Revue des Eaux et forêts. 1901, 385.

[6]) Über die nivale Flora der Schweiz. 1880.

[7]) Beiträge zu einer krit. Aufzählung der Schweizerpflanzen. 1831.

[8]) Pflanzenbiol. Studien aus Russisch-Lappland. 1890.

[9]) Synopsis der Pflanzenkunde. 1883. — Weitere Literatur bei Marek a. a. O.

Von 1882—1896 habe ich in der Schweiz Studien über die Baum- und Waldgrenze angestellt [1]).

Übersichtliche Besprechungen und Erörterungen finden sich in den pflanzengeographischen Werken von de Candolle, Drude, Grisebach, Schimper, Warming und in verschiedenen Bänden des Sammelwerkes „Die Vegetation der Erde" von Engler und Drude.

An diesem Ort kann es sich nicht um das Eingehen auf einzelne Gebiete handeln. Die Literatur hierüber ist unübersehbar; für die Karpathen z. B. füllt bei Pax der Literaturnachweis 37 Seiten. Es sollen vielmehr nur die leitenden Gesichtspunkte hervorgehoben werden, wie sie sich mir beim Studium der Literatur und bei den Untersuchungen in Nord-, Mittel- und Südeuropa ergeben haben.

Die Faktoren, welche der Ausdehnung des geschlossenen Waldes eine Grenze setzen, sind die Temperatur, der Wind, der Schnee und die Eingriffe des Menschen.

7. Die Einwirkung des Menschen besteht in der Rodung des Waldes und der Verwendung des Bodens zur Viehweide.

Die Kulturregion dehnt sich über die Talebenen, die Schuttkegel, und die Schutthalden am Fuße der Berge aus. Über diesen Schutthalden folgt in der Regel ein mehr oder weniger steil abfallendes Band, das zu landwirtschaftlicher Benützung ungeeignet und daher mit Wald bedeckt ist. Auf der Waldkarte treten die Wälder als schmale Bänder hervor, die jeden Flußlauf im Haupt- wie in den Nebentälern begleiten. Über diesem steilen Gebiete folgt meist ein weniger steiles, bald stark, bald schwach geneigtes, sogar stellenweise fast ebenes Gebiet, das von der Bevölkerung zu Weideplätzen bestimmt wird. Die Abwechslung zwischen der steileren Wald- und flacheren Weideregion kann sich an hohen Berghalden je nach der Gesteinsformation mehrmals wiederholen. Auf der Weide bringt die Beschattung ein Sinken des Wachstums des Grasbestandes hervor. Die vorhandenen Bäume werden daher auf wenige Stücke beschränkt, die meistens an steileren oder felsigen und steinigen Plätzen stehen, oder auch zum Schutz des Weideviehs gegen die Unbilden des Wetters als sog. „Schirmtannen" da und dort belassen werden. Dieser wirtschaftliche Vorgang wird an den meisten Orten, sofern das Gelände für Weidebetrieb geeignet ist, zur Auflösung des Waldes geführt haben. Die immer wieder vom Winde herbeigewehten Samen erneuern ununterbrochen den Vorrat an jungen Bäumen, so daß auf den meisten Weiden zahlreiche Altersklassen, insbesondere von Fichten, sich befinden.

Da die Sennhütten, der Molkerei- und Käsereibetrieb, die Einzäunung der für das Vieh gefährlichen Stellen etc. einen starken Bedarf an Holz verursachen, so ist immerhin ein gewisser Holzbestand auf der Weide

[1]) Die Zusammenstellung der Ergebnisse ist enthalten in den Berichten der schweiz. bot. Gesellschaft. Heft 8. 1898.

und zwischen den Grasflächen nicht unerwünscht, da sonst das Holz mühsam von den tiefer liegenden Wäldern zu den Hütten getragen werden muß. Wie stark das Bestreben ist, die Weidefläche auszudehnen, geht daraus hervor, daß jede zur Weide oder Grasgewinnung geeignete Fläche diesem Betriebe zugewiesen und selbst innerhalb des geschlossenen Waldes zu diesem Zwecke ausgeschieden wird. Nur die Steilheit des Geländes und die schattige Exposition schützt den Wald vor der Rodung.

Bei Grüsch (644 m) im Prättigau ist der Wald oberhalb der letzten Häuser schon bei 7-800 m „aufgelöst"; die Weidefläche ist derjenigen oberhalb Rigiklösterli (1400 m) ganz ähnlich. Dasselbe ist der Fall im Prättigau bei Schliers (688 m), Furna, Küblis (820 m), Saas-Conters (992 m) am Südhang, während der Nordhang fast durchweg bewaldet ist.

Dieser Prozeß der Ausscheidung von Wald und Weide reicht Jahrhunderte, wohl meist in die Zeit der ersten Ansiedelung zurück. Seine Bedeutung wird meistens unterschätzt. Vielfach wird das Klima als die Ursache der Auflösung des Waldes betrachtet, weil an den einzeln stehenden Bäumen die Einwirkung des Windes deutlich hervortritt. Dieser ist aber erst nach Zerstörung des Waldes zu größerer Stärke gelangt.

Über die Windgeschwindigkeit in verschiedenen Meereshöhen liegen einige Untersuchungen vor.

Nach Wegener[1]) ergaben Messungen folgende mittlere Windgeschwindigkeit m. s. in verschiedenen Höhen.

Höhe	0	200	500	1000	1500	2000	2500
Berlin	4,2	7,6	9,9	10,4	10.5	13,4	16,5 m.p.S.
Hald in Jütland	10,4	10,8	13,9	11,8	12,9	16,4	(14,0) „ „ „

Das Verhältnis der Windstärken auf dem Säntis (2500 m) und zu Zürich (470 m) geht deutlich aus der folgenden Gegenüberstellung hervor.[2])

Verhältnis der Windstärken Säntis zu Zürich:

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1,7	1,8	2.7	3,1	2,9	2,2	1,7	1,6

8. Je exponierter die Lage des Waldes ist, um so mehr trägt der Wind zur Durchbrechung des Waldschlusses bei.

Es ist nicht zu vergessen, daß die Wälder im Gebirge, auch im Mittelgebirge nicht so dicht geschlossen sind, wie diejenigen in tieferen Lagen. Die Felsbänder, die herumliegenden Felsstücke, der Wechsel in der Steilheit des Hanges, Rutschflächen lassen keine dichte, gleichmäßige Bestockung zu. Es ist fast immer nur ein lichter Schluß vorhanden: die Äste und Zweige greifen nicht übereinander, berühren sich oft nicht einmal. Durch Schnee, Duft und Blitzschlag, Sturm, Dürrwerden

[1]) Hann, Meteorol. [2]626.

[2]) Klima der Schweiz. 1, 202.

herrschender Stämme wird dieser licht geschlossene Bestand durchbrochen, so daß die meisten Bestände nicht bloß licht, sondern lückig genannt werden müssen. Für den Wind sind dadurch viele Angriffsflächen geschaffen; außerdem ist seine Einwirkung in höheren Lagen stärker. Die Folge wird sein, daß die Horste und Gruppen verkleinert und isolierte Bäume dürr werden.

Am Westhang des Rigi bei Rigistaffel steht ein licht geschlossener Fichtenbestand in gutem Wachstum. Die Kronen aller Stämme sind aber dürr, soweit sie über die Kante des Berges hervorragen und dem fortwährenden Windzug ausgesetzt sind. Ganze Stämme in höheren Lagen werden vorwiegend durch den Wind ausgetrocknet und zum Absterben gebracht. Soweit der Wind konstant einwirkt, sind ferner an zahllosen Stellen der Alpen und in den Mittelgebirgen die Bäume auf der Windseite — meist die West- und Südwestseite — nur kümmerlich beastet, während die Äste auf der dem Wind abgewandten Seite gut entwickelt sind. Interessant ist auch, daß in Höhenlagen der Wind stärker auf die Entwickelung der Kronen einwirkt, als das Lichtbedürfnis. Fichten am Süd- oder Westhang entwickeln, bis sie etwa 2 m hoch sind. die Äste auf der Tal- und zugleich Lichtseite stärker, als auf der Bergseite. Wenn sie jene Höhe überschreiten, verkümmern die Äste auf der Talseite, diejenigen auf der Bergseite dagegen zeigen das stärkere Wachstum.

Nirgends läßt sich die Einwirkung des Windes auf den Wald im Mittelgebirge besser studieren, als im Harz. Die Erscheinungen, die im Hochgebirge bei etwa 1300 m auftreten, sind dort schon 500 m tiefer zu bemerken.

Bei Drei Annen-Hohne (542 m) ist die Buche verschwunden; reiner Fichtenwald zieht sich bis zum Brocken hin. Unterhalb Schierke (688 m) ist die Einwirkung des Windes noch unbedeutend. Bei 850 m tritt sie stärker auf. Viele dürre Bäume, dürre und abgebrochene Gipfel, dürre Äste an jungen, 3 m hohen, im Licht stehenden Bäumen sind an der Bahnlinie zu sehen. Bei Gölheweg (955 m) ist die Hälfte der Fichten dürr; die mehr als 2 m hohen sind einseitig beastet und vom Südwind nach N gebogen, der Wald ist „aufgelöst". Auf der Kuppe vor dem Brockenhause sind alle Fichten auf der Westseite ohne Äste, fast alle sind dürr. Ich erinnere mich nicht, im Hochgebirge ein ähnliches Waldbild gesehen zu haben.

9. Endlich üben die Schneeverhältnisse einen sehr bedeutenden, an manchen Orten entscheidenden Einfluß aus. In Runsen, Vertiefungen und trichterförmigen Einsenkungen sammelt sich viel Schnee an, der oft erst im Juli und August wegschmilzt. Eine Baumvegetation ist an solchen Stellen nicht zu finden. Andererseits trifft man Bäume und Sträucher auf Hügeln, Kämmen, Felsen, während rings die tieferen

Lagen baumlos sind. Stellen, die erst im Juli schneefrei werden, haben in der Regel keine Baumvegetation; ein Beleg im großen hierfür ist die Gegend um die Grimsel. Wo hohe Schneelagen die Regel sind, nehmen Fichte, Tanne, Föhre, Lärche, selbst Arve die Legform an; zahllose Stamm- und Gipfelbrüche, sowie abgedrückte, aus dem Stamm förmlich herausgerissene Äste verraten die Schwere der Schneebelastung.

Im Jahre 1875 ff. wurde bei Hospental im Urserental (1484 m) eine größere Fläche, die unten fast eben war, mit Fichten, Lärchen, Arven, Föhren aufgeforstet. Im Jahre 1892 untersuchte ich die etwa 15—17jährige Pflanzung. Die Föhren waren mit einer einzigen Ausnahme vom Schnee zu Boden gedrückt und dürr. Die Fichten haben oben selten die Äste bewahrt; die Gipfel waren abgedrückt, die meisten Pflanzen waren krumm und gelb. Die Lärche bildete die Hauptmasse des Bestandes. Alle Lärchen waren aber vielfach gekrümmt, flach gedrückt, einseitig beastet und ohne Gipfel; 3—4 waren ganz dürr. Nur die Arven standen aufrecht da, waren rings beastet, selten krumm und sehr wüchsig. Da Fichte und Föhre, teilweise auch Lärche dem Druck des Schnees nicht widerstanden, war die 17jährige Kultur schon lückig geworden.

Dasselbe Schicksal hatten Saaten und Pflanzungen, die ich 1892 bis 1894 auf Rigi-Scheidegg, Rigi-First, dem Stanserhorn, bei der Trübseealp in einer Höhe von 1400—1900 m ausführte. Arve und Bergföhre sind die einzigen Holzarten, die dem Schneedruck nicht erliegen.

In strengen Wintern erfrieren bezw. vertrocknen die nicht vom Schnee bedeckten Pflanzen, wodurch weitere Lücken schon im ganz jungen Bestande entstehen[1]).

Eine regelmäßig ausgeführte Pflanzung führt also in hohen Lagen nur ausnahmsweise zu einem geschlossenen Bestande; schon im jugendlichen Alter verursachen Schnee und Frost Lücken, so daß selbst unter den günstigsten Verhältnissen bald ein plenterwaldartiges Waldbild entsteht; in späteren Jahren tritt der Einfluß des Windes hinzu, der das Dürrwerden einzelner Bäume und eine weitere Verlichtung der Bestände herbeiführt. Am steileren Hange tritt der Schnee und auch der Wind weniger verderblich auf.

Die Änderung der Temperatur durch den Wind etc. um nur 0,5° wird um so ungünstiger wirken, je höher die Lage, je niedriger also die Temperatur an sich ist.

10. Der Einfluß der Exposition auf die Baum- und Waldgrenze ist früher von Sendtner, Kerner, neuerdings auch von Imhof untersucht worden.

Imhof[2]) berechnet für 8 Expositionen die Höhe der Waldgrenze für die Schweiz im ganzen und die einzelnen Gebiete. Am höchsten steigt der Wald an der SW-Exposition (2015 m), am niedrigsten an der

---

[1]) Der Escherwald bei St. Carlo in Graubünden (1600—1750 m) im Winter 1889/90. Enderlin in der Schweiz. Z. 1898, 191, „Die Lärche und die Fichte leiden von Schnee, nur die Arve steht überall schön."

[2]) A. a. O. Seite 313.

NE-Exposition (1910 m); der Unterschied beträgt etwa 100 m. Die Expositionen bilden folgende Reihe: SW, W, S, NW, SE, N, E, NE. Die Lagen von SE bis W haben im Durchschnitt die günstigere, um 50 m höher steigende Bewaldung gegenüber den NW- bis E-Lagen.

Für die österreichischen Alpen sind von Kerner[1]) die Unterschiede nach Expositionen berechnet worden. Gegenüber dem Mittel aus allen Expositionen ist das Vorkommen höher (+) oder niedriger (—) bei

	Fichte m	Arve m	Buche m
N	— 85	— 48	— 57
NE	— 89	— 56	— 12
E	— 49	— 11	+ 77
SE	+ 69	+ 1	+105
S	+ 77	+ 12	+ 49
SW	+109	+101	—
W	+ 16	+ 7	— 98
NW	— 50	— 3	— 79

In Südbayern fand Sendtner[2]) nachstehende Unterschiede. Gegenüber dem Mittel war die Grenze höher (+) oder niedriger (—) bei

	Fichte m	Buche m	Gesamtmittel aller Holzarten m
N	— 50	— 29	— 26
NE	—112	— 57	— 98
E	— 13	— 3	— 28
SE	+ 9	+ 40	+ 10
S	+ 43	+ 31	+ 34
SW	+105	+ 13	+ 77
W	+ 40	+ 24	+ 50
NW	— 18	— 23	— 16

Im allgemeinen sind die SE-, S-, SW- und W-Expositionen für den Holzwuchs günstiger als die NW-, N-, NE- und teilweise auch die E-Expositionen. Neben der Temperatur kommen hiebei die Regen- und Windverhältnisse zur Geltung.

In Sachsen sind nach Beck[3]) an den Expositionen folgende Unterschiede der Höhengrenzen gefunden worden. Gegenüber dem Mittel höher (+) oder niedriger (—) m bei

	Bergahorn m	Buche m	Tanne m
N	+ 62	— 70	— 59
NE	+ 5	± 0	— 42
E	+ 28	+ 9	—106
SE	— 31	+ 49	
S	— 94	+ 61	
SW	+ 7	+ 76	— 78
W	+ 42	— 86	+ 43
NW	— 67	— 38	+ 30

[1]) Österr. Revue. 4, 250 (oben in Metermaß umgerechnet).

[2]) Vegetationsverh. Südbayerns. Seite 268 (oben in Metermaß umgerechnet).

[3]) Thar. J. 49, 28.

11. Die Wald- und Baumgrenze liegt in verschiedenen Meereshöhen; bald bei 1500, bald bei 2200 m Meereshöhe. Die Vegetation, der Habitus der Bäume ist an der Baumgrenze in beiden Fällen dieselbe, wie der Augenschein am Harz und Säntis, am Chasseral bei Biel und am Splügen ergibt. Von welchen klimatischen Einflüssen rührt dies her? Herrscht dieselbe Temperatur an der Waldgrenze, auch wenn diese in verschiedenen Meereshöhen liegt?

Man hat vorgeschlagen, die Julitemperatur der Vergleichung zugrunde zu legen. Außerhalb des Gebirges bewegt sich allerdings die Julitemperatur um 10° an der Waldgrenze. Schröter hat aber gezeigt[1]), daß in der Schweiz die Julitemperatur von 7,75 bis 10, sogar 11—15° schwankt, also meistens Unterschiede von 3 und mehr Graden zeigt. Die mittlere Jahrestemperatur schwankt an denselben Stationen zwischen —0,6 und 2,1° (nur am Monte Generoso 6,1). Marek[2]) vergleicht die mittleren Temperaturen während der 5 Vegetationsmonate Mai bis September und berechnet, daß bei 8,26° die Baumvegetation ihre obere Grenze finde. Die Abweichungen von diesem mittleren Werte betragen meist 0,5—1,0, höchstens 3,7° an den einzelnen Stationen der österreichischen Alpen. In verschiedenen Teilen Mitteleuropas schwankt sie zwischen 5,8 und 10,3, bewegt sich aber vorherrschend zwischen 8 und 9° und berechnet sich im Mittel zu 8,5°. Legt man die Temperatur der Vegetationszeit zugrunde, so werden für die oberen Grenzen die Monate Mai und Juni in die Rechnung einbezogen, obgleich bei 1800 m das Wachstum (das Erscheinen neuer Höhen- und Seitentriebe) erst Ende Juni oder anfangs Juli beginnt.

Die Unsicherheit der Berechnung ist bei der Jahrestemperatur, der Julitemperatur und der Temperatur der Vegetationszeit ziemlich gleich groß. Die Jahrestemperatur steht in den Isothermenkarten für fast alle Gebiete zur Verfügung, so daß (trotz des Einflusses der Wintertemperatur auf das Jahresmittel) für weitere Kreise diese als Anhaltspunkt aus praktischen Gründen sich empfiehlt. Die Vegetation der Fichte ist ungefähr dieselbe auf dem Brocken, auf Rigikulm, auf dem Stanserhorn; die Jahrestemperaturen sind 2,0; 2,0 und ca 1,5°. Für eine Reihe von Orten in der Schweiz schwankt sie nur wenig um 2°, so daß im allgemeinen wohl die Jahrestemperatur von 2° als die Temperatur der oberen Waldgrenze bezeichnet werden kann.

Diese Jahrestemperatur von 2° haben auch die meisten zwischen 1800 und 1900 m gelegenen Stationen der österreichischen Alpenländer[3]). Da die Waldgrenze dort überwiegend bei 1800—2000 m liegt, so kann diese Temperaturgrenze auch für die österreichischen Alpenländer gelten.

---

[1]) A. a. O. Seite 26.

[2]) A. a. O. Seite 68.

[3]) Hann, Berichte der Wiener Akad. der Wiss. II. Abt. Nov. 1884.

Die Schwankungen der Temperaturgrenze sind vielfach durch die Einwirkung des Windes hervorgerufen; der Windschutz erhöht die Temperatur etwa um 0,5—0,6[1]) Grad (vielleicht auch etwas darüber). Marek berechnet[2]), daß die Waldgrenze in geschützten Lagen 155 m höher, in freien Lagen 363 m niedriger liege, als das Mittel. (Ersterem Werte würde eine ca. 0,8—0,9° niedrigere, letzterem eine 1,8—2,1° höhere Temperatur entsprechen, wenn man die mehr oder weniger exponierte Lage außer Rechnung läßt.)

Neben den Durchschnittstemperaturen sind die Minimaltemperaturen an der Baumgrenze besonders zu beachten. Fröste treten sogar in den Vegetationsmonaten Juli und August häufig noch ein. Auf dem Säntis (2500 m) zählt man im Juli und August häufig je 4—5 Frostnächte, in einzelnen Jahren steigt ihre Zahl auf 10. In Bevers (1713 m) gibt es auch im Juli beinahe jedes Jahr einen Frost, in Sils-Maria (1810 m) ist nur der Juli absolut frostfrei. In Davos (1561 m) und Andermatt (1446 m) ist im Juli das Eintreffen von Frosttagen noch wahrscheinlich[3]). Erfriert eine Pflanze mehrere Jahre nacheinander, so geht sie in der Regel zugrunde. So kann auch dieser Faktor zum geringen Wachstum oberhalb des geschlossenen Waldes beitragen.

Den Zusammenhang der Waldgrenze mit den Temperaturverhältnissen zeigt am besten die Beobachtung bei frühen oder späten Schneefällen. Die Schneelinie fällt bald mit der oberen, bald der unteren Waldgrenze zusammen. Auch die Angaben der meteorologischen Beobachter über die Grenze der Schneedecke nach oben und unten bestätigen die Wahrnehmung („Schneedecke bis zur oberen Waldgrenze" wird öfters im September gemeldet usw.). Vielfach bilden die Schneegrenze und auch die Waldgrenze eine gerade Linie.

12. Länge und Breite kommen selten rein zum Ausdruck, da auch bei gleicher Meereshöhe die maritime oder kontinentale Lage von Einfluß ist. Mit der nördlichen Breite sinkt infolge der Verkürzung der Vegetationszeit die Baum- und Waldgrenze; bestimmte Werte lassen sich wegen der sonstigen Einwirkungen nicht feststellen.

Die Temperatur ändert sich viel rascher mit der Meereshöhe, als mit der nördlichen Breite. Sie fällt mit je 100 m Erhebung um 0,6°, also mit 1 km um 6°. Für je einen Breitegrad = 110 km fällt sie um 0,5°, also erst mit 1100 km um 5°. Auf diese Entfernungen hin ändern sich aber die auf die Temperatur einwirkenden Faktoren, so daß eine weitere Vergleichung von Höhe und Breite und Länge nicht ausführbar ist.

---

[1]) Trabert, daselbst. Denkschrift math. nat. Kl. 73, 347 (1901).

[2]) A. a. O. S. 72.

[3]) Klima der Schweiz. 1, 194; 205.

§ 68. Die Höhengrenzen der einzelnen Holzarten.

1. Eine systematische Untersuchung der Höhen, bis zu denen die einzelnen Holzarten ansteigen, ist bis jetzt nur für kleinere Gebiete vorgenommen worden. Vereinzelte Angaben über die Verbreitung der Holzarten sind in zahlreichen Zeitschriften und geographischen Monographien zerstreut. Willkomm hat einen großen Teil gesammelt und in seiner Forstlichen Flora zusammengestellt. Seitdem sind zahlreiche neue Angaben veröffentlicht worden; insbesondere enthalten die neueren Bearbeitungen der Flora einzelner Gebiete zahlreiche Höhenangaben. In den pflanzengeographischen Werken von Grisebach, Drude, Warming, Schimper, Christ, Schröter, Sendtner, Beck-Manegetta, Pax, Adamovic, sodann in dem Sammelwerk „Die Vegetation der Erde", endlich auch in statistischen Werken finden

Tabelle 27.

Obere Höhengrenze der wichtigsten Holzarten.

	1. Fichte *Picea excelsa*	2. Tanne *Abies pectinata*	3. Föhre *Pinus silvestris*	4. Lärche *Larix europaea*	5. Bergföhre *Pinus montana*
Norwegen	227—983	—	—	—	—
Harz	1000—1040	—	—	—	—
Thüringer Wald	984	750	—	—	—
Fichtelgebirge	1053	700—800	—	—	—
Erzgebirge	1244	—	—	—	—
Böhmisch-bayer. Wald	1360	1100	800—950	—	—
Schwarzwald	1495	1050—1300	900	—	—
Bayerische Alpen	1726	1495	1625	1835	—
Niederösterreich	1629 Strauch 1853	1450	1350	1629 Strauch 1817	—
Karpathen	1850	1100; 1400	—	—	—
Balkanländer	1820; 2180	—	2150—2180	—	—
Illyrische Länder	—	—	—	—	—
Pyrenäen	—	2100	2000	—	—
Meeresalpen	2400	2200	1700	2900	—
Centralplat. Frankreichs	—	1700	1550	—	—
Vogesen	1250	1200	1100	—	—
Franz. Jura	1550	1500	.	2500	1611
Schweizer Jura	1560	1500	.		—
Berner Alpen	2000	1624	.	2170	1970—2100
Wallis	2260	1800—2000	1950	2400	2100
Tessin	2100	1900	1700	2300	—
Engadin	2000	1630	1800	2200	2000
Säntisgebiet	1900	1700	1300	2000	2130
Schweizer. Ostalpen	2050	1920	1800	2316	2300
Apenninen	—	1787	—	—	—
Sizilien	—	1948	—	—	—

Tabelle 27.

Obere Höhengrenze der wichtigsten Holzarten.

	6. Buche *Fagus silvatica*	7. Eiche *Quercus pedunculata* u. *sessiliflora*	8. Bergahorn *Acer pseudoplatanus*	9. Esche *Fraxinus excelsior*
Norwegen	—	—	—	—
Harz	600—750	—	585	—
Thüringer Wald	700—750	—	—	—
Fichtelgebirge	1000	—	—	—
Erzgebirge	1000	—	—	—
Böhmisch-bayerischer Wald	1000—1200	—	1200—1340	950
Schwarzwald	1200	650	—	—
Bayerische Alpen	1421	952	1510 Strauch 1645	1365
Niederösterreich	1450	—	1450 Strauch 1600	1120
Karpathen	1500	850; 1100	1500	—
Balkanländer	1850—1950	*sess.* 1350 *ped.* 900	1500—1650	1300—1450
Illyrische Länder	—	—	—	—
Pyrenäen	2100	*sess.* 1500	—	—
Meeresalpen	2000	*sess.* 1500	—	—
Centralplateau Frankreichs	1540	*sess.* 1150	—	—
Vogesen	1250	*sess.* 1000	—	—
Franz. Jura	1550	*sess.* 900	—	—
Schweizer Jura	1500	500—800	1400	1138
Berner Alpen	1300—1500	1300	1600—1800	1300
Wallis	1650	1600	1850	1650
Tessin	1700	1000	1600	—
Engadin	1300		1495	1500
Säntisgebiet	1700	1000	1700	1200
Schweizer. Ostalpen	1479	845	1540	1350

sich zahlreiche Höhenangaben. Diese sind in den folgenden Übersichten benützt und durch meine eigenen Untersuchungen ergänzt.

An diesem Ort konnten nicht alle Einzelmessungen aufgeführt werden. Die Auswahl ist jedoch so getroffen, daß für alle wichtigen Gebiete durch die Angaben ein übersichtliches Bild entsteht.

2. Über die Art der Erhebung, die Bestimmung der Meereshöhe (Karten, Aneroidbarometer, Schätzung) fehlen vielfach die genaueren Mitteilungen. Es sind daher nicht alle Angaben von gleicher Zuverlässigkeit. In der Regel fehlen auch Nachweise über die Exposition, die Neigung, die Regen- und Windverhältnisse, die geologischen Formationen und Bodenverhältnisse, also über einflußreiche Faktoren, die gerade im praktischen Waldbau besonders beachtet werden müssen.

Ausdrücklich mag betont sein, daß, soweit irgend tunlich, die Originalangaben nachgesehen wurden.

Die Länder und Landesteile folgen im allgemeinen von Nord nach Süd und von West nach Ost.

In Tabelle 27 sind für die 9 wichtigsten Holzarten die Höhenangaben zusammengestellt.

Für ein kleineres Gebiet folgen in Tabelle 28 die Nachweise für weitere 23 Holzarten.

Tabelle 28.

Obere Höhengrenze einiger weiterer Holzarten.

	Bayer. und Böhmer Wald	Bayerische Alpen	Nieder-Österreich	Schweiz
10. *Juniperus communis*	1127	1398	1500	960—1800
11. „ *nana* . . .	.	2226	.	1400—2800
12. *Pinus cembra*	.	1869	.	2000—2426
13. *Taxus baccata*	1113	1398	1000	960—1600
14. *Acer platanoides* . . .	1188	1067	1000	830—1650
15. „ *campestre*	426	748	.	960—1500
16. *Alnus glutinosa* . . .	856	845	.	840—1200
17. „ *incana*	714	1398	900	1300—1550
18. „ *viridis*	.	.	1817	1920—2000
19. *Betula alba*	1028	1414	1300	1300—1950
20. „ *pubescens* . .	1092	1585	.	1400—1900
21. *Carpinus betulus* . .	755	881	1000	700—800
22. *Corylus avellana* . . .	935	1265	1000	1000—1500
23. *Ilex aquifolium* . . .	.	975	.	1200—1500
24. *Populus tremula* . . .	1235	1365	950	1300—2000
25. *Prunus avium*	1060	1105	1000	960—1650
26. „ *padus*	698	1446	.	1000—1700
27. *Salix caprea*	1385	1734	1000	1540—2100
28. *Sorbus aucuparia* . .	569	1798	1700	1600—2000
29. *Tilia grandifolia* . . .	975	1098	1550	900—1600
30. „ *parvifolia* . . .	677	845	.	950—1500
31. *Ulmus montana* 32. „ *campestris*	1028	1268	1000	1200—1500

Die oberste Grenze des Vorkommens ist für die Buche bald 600 m (Harz), bald 2100 m (Pyrenäen). In der folgenden Übersicht sind die Grenzwerte zusammengestellt.

Es liegt die oberste Grenze bei

1. Fichte	von (rund)	1000 bis 2400 m		6. Buche	von (rund)	600 bis 2100 m
2. Tanne	„ „	700 „ 2200 „		7. Eiche	„ „	500 „ 1600 „
3. Föhre	„ „	800 „ 2200 „		8. Bergahorn	„ „	600 „ 1800 „
4. Lärche	„ „	1600 „ 2900 „		9. Esche	„ „	950 „ 1650 „
5. Bergföhre	„ „	1600 „ 2300 „				

Die oberen Grenzen steigen von Norden nach Süden und von Westen nach Osten an. Die weiten Grenzen von 1000 und mehr Meter

sind immerhin sehr auffallend. Sind die Wachstumsbedingungen an diesen verschiedenen Orten dieselben?

Am leichtesten ist, wie oben ausgeführt wurde, die Vergleichung der an der jeweiligen Grenze herrschenden Jahrestemperatur durchzuführen.

3. Sie beträgt an der oberen Grenze

a) der Fichte im Harz 2,5°; im Erzgebirge 2,8; im Schwarzwald 2,6; in Niederösterreich 3,0; in den Karpathen 0,5; im Wallis und Engadin 0,2; im Tessin 1,0.

b) der Tanne in Thüringen 5,0; Schwarzwald 4,2; Niederösterreich 3,6; Karpathen 4,0—2,5; Wallis 1,2; Engadin 2,9.

c) der Föhre in den Vogesen 5,0; Schwarzwald 5,0; Bayerischer Wald 6,2; Bayerische Alpen 2,5; Niederösterreich 4,1; Engadin 1,5; Wallis 1,2; Tessin 4,1.

d) der Lärche in Niederösterreich 1,5 bezw. 0,5; Sils-Maria 1,5; Bevers 1,3; Wallis 1,2; Tessin 1,6.

e) der Buche im Harz 5,2; Schwarzwald 5,0; Niederösterreich 3,6; Engelberg 5,2; Klosters 4,7; Monte Generoso 4,6; Grächen im Wallis 4,0; Engadin 5,0; Karpathen 2,0.

f) des Bergahorns im Harz 5,7; Niederösterreich 3,6 bezw. 3,0; Karpathen 2,0; Schweizer Jura 4,5; Engadin 3,4; Wallis 2,6.

In benachbarten Gebieten sind die Unterschiede der Temperatur nicht sehr groß, dagegen steigen sie bei entlegeneren Ländern auf 2 und mehr Grade. Die Alpengegenden haben durchweg die niedrigsten Temperaturen; die längere Dauer des Sonnenscheins und die intensive Strahlung mögen ausgleichend wirken.

Da alle diese Holzarten in tieferen Lagen bei 8—9° — also einer um 5—6° höheren — Jahrestemperatur auch gedeihen, so ergibt sich, daß einzelne Holzarten in weitgehendem Maße den Temperaturverhältnissen sich anpassen. Zu beachten ist allerdings dabei, daß an der oberen Grenze sich die Pflanze eben noch zu erhalten vermag, und daß dort die Produktion an organischer Substanz sehr gering ist.

4. In die Wachstumsverhältnisse bei 1000 m Meereshöhe in verschiedenen geographischen Längen und Breiten gewährt die nachfolgende Zusammenstellung einen Einblick. Sie gibt an, welche Holzarten in der Höhe von 1000 m sich vorfinden und (in Klammer) welche Jahrestemperatur in verschiedenen Breiten und Längen bei 1000 m herrscht.

Bestockung bei (rund) 1000 m Meereshöhe (Jahrestemperatur):

Harz: (3,0°) 1. Fichte.

Thüringerwald: (3,6°) 1. Fichte.

Erzgebirge: (3,8°) 1. Fichte, 2. Legföhre, 3. Buche.

Böhmisch-bayerischer Wald: (4,5°) 1. Fichte, 2. Tanne, 3. Legföhre, 4. Buche, 5. Bergahorn, 6. Bergulme.

Karpathen: (4,5°) 1. Fichte, 2. Tanne, 3. Legföhre, 4. Buche, 5. Bergahorn, 6. Bergulme.

Niederösterreich: (5,0°) 1. Fichte, 2. Tanne, 3. Legföhre; 4. Buche, 5. Birke, 6. Esche.

Balkanländer: (8—9°) 1. Fichte, 2. Tanne, 3. Föhre, 4. Schwarzföhre; 5. Buche, 6. Bergahorn, 7. Esche, 8. Traubeneiche, 9. Kirschbaum, 10. Nußbaum.

Schwarzwald Höchenschwand: (5,5°) 1. Fichte, 2. Tanne, 3. Föhre; 4. Buche, 5. Bergahorn, 6. Aspe.

Pfänder ob Bregenz: (5,4°) 1. Fichte, 2. Tanne, 3. Föhre, 4. Taxus; 5. Buche, 6. Eiche, 7. Bergahorn, 8. Esche, 9. Birke, 10. Aspe, 11. Vogelbeere, 12. Mehlbeere, 13. Kirschbaum, 14. Weißerle, 15. Alpenerle, 16. Sahlweide, 17. Haselnuß.

Schweiz, Freibergen am Rigi: (5,7°) 1. Fichte, 2. Tanne, 3. Föhre; 4. Buche, 5. Eiche, 6. Bergahorn, 7. Esche, 8. Bergulme, 9. Weißerle, 10. Kirschbaum, 11. Vogelbeere.

Bergell, Soglio: (8,0°) 1. Fichte, 2. Lärche, 3. Kastanie, 4. Zerreiche, 5. Vogelbeere, 6. Mehlbeere, 7. Aspe, 8. Kirschbaum.

Die Nachweise über die Meereshöhen sind ohne Angaben der Temperatur nur in engeren Gebieten vergleichbar. Es sollten daher nicht, wie gewöhnlich, nur die Meereshöhen angegeben sein, sondern die Temperaturen beigefügt werden. Nur diese letztere erklärt, warum z. B. die Buche am Harz bei 600 m schon zurückbleibt.

Die bevorzugte Lage des Pfändergebietes am Bodensee und im Bereich des Föhns ist deutlich ausgesprochen. Die Umgebung von Freibergen am Rigi hat eine südwestliche, und da sie keine Gipfelstation ist, eine geschützte Lage.

5. Über das Wachstum der wichtigsten Holzarten in verschiedenen Meereshöhen liegen nur wenige Untersuchungen vor. Soweit diese in geschlossenen Beständen bei Anlage von Versuchsflächen erfolgten, werden sie unten näher besprochen werden. Hier lasse ich die Ergebnisse gelegentlicher Untersuchungen, die ich insbesondere in der Schweiz vornahm, folgen.

Im Engadin (1800 m) werden Lärchen im Saatbeet hoch im 1. Jahr 2 cm, im 2. Jahr 3—4 cm; sie werden 2—3jährig verschult. Die Höhentriebe 30—40-jähriger, etwa 3 m hoher Lärchen und Arven betragen bis zu 20 cm. Gregori[1]) stellte im Oberengadin (1700—2300) Untersuchungen über Höhen- und Stärkewachstum an.

---

[1]) Schweiz. Z. 1887, 104. Einer privaten Mitteilung Gregoris entnehme ich noch folgende weitere Angaben:

Alter	100	120	140	160	180	200
			1. Höhen m			
Lärche	12	14	16	18	19	20
Arve	9	11	13	14	15	16
			2. Durchmesser 1,3 m ü. B. cm			
Lärche	16	22	26	30	36	40
Arve	18	23	27	31	35	39

Mit 200 Jahren haben Lärche und Arve etwa 1 Fm Inhalt.

Alter Jahre	10	15	30	50	70
			Baumhöhen m		
Lärche	20 cm	30 cm	2,5 m	6,7 m	10—12 m
Fichte	20 „	25 „	0,8—1,3 „	4—6 „	7—9 „
Arve	—	20 „	0,4—0,5 „	1,8—2,5 „	6—8 „

Alter Jahre	50	70	90	110	150	210
	Stärke.	Durchmesser in Brusthöhe cm (mit Rinde).				
Lärche	15	19	26	31	37	56
Fichte	10	17	21	25	30	38
Arve	—	13	18	21	32	42

Messungen am Säntis, Rigi, Mythen, Gotthard, Chasseral, im Bergell ergaben als Maxima der Höhentriebe einzelner 2—3 m hoher Pflanzen

Meereshöhe	500 m	1000 m	1500 m
Fichte	97 cm	55 cm	32 cm
Lärche	125 „	66 „	46 „
			bei 1200 m
Buche	68 „	45 „	30 „

6. In den Jahren 1892—94 führte ich Saaten und Pflanzen mit verschiedenen Holzarten am Rigi aus. Der Boden wurde wie in Saatschulen gartenmäßig zubereitet. Die Messungen der erreichten Höhe wurden im Juni 1896 vorgenommen.

Tabelle 29a.

Höhenwachstum am Rigi.

Holzart	Rigi-Klösterli		Rigi-Scheidegg		Rigi-Kulm		Rigi-First	
	Alter der Pflanz. Jahre	1320 m	Alter der Pflanz. Jahre	1600 m	Alter der Pflanz. Jahre	1620 m	Alter der Pflanz. Jahre	1462 m
				Höhe cm				
Fichte	—	—	4	6,0	3	2,6	3	4,0
Tanne	2	4,3	3	4,0	—	—	3	2,9
Föhre	—	—	3	4,7	4	16,3	—	—
Lärche	2	5,2	—	—	—	—	—	—
Bergföhre . . .	—	—	4	5,2	—	—	—	—
Arve	2	3,6	1	3,6	—	—	2	4,0
Schwarzföhre . .	—	—	4	5,4	—	—	3	5,3
Buche	2	9,0	2	4,9	—	—	—	—
Eiche	—	—	2	5,9	—	—	3	9.0
Bergahorn . . .	—	—	2	7,0	3	5,6	—	—
Spitzahorn . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Esche	—	—	1	4,0	—	—	2	10,0
Schwarzerle . .	—	—	3	12,6	—	—	—	—
Weißerle	—	—	3	17,4	—	—	—	—

Gleichzeitig mit den Saaten wurden in den nebenanliegenden Beeten Pflanzen eingesetzt, die im Versuchsgarten bei Zürich erzogen worden waren. Diese waren teils 1-, teils 2-, teils 3-jährig beim Einpflanzen, bei der Untersuchung meist 5- und 7-jährig. Das Ergebnis der Höhenmessungen stellt Tabelle 29 b dar.

Tabelle 29 b.

Höhenwachstum am Rigi.

Holzart	Alter beim Verpflanzen Jahre	Rigi-Klösterli		Rigi-First		Rigi-Scheidegg		Rigi-Kulm	
		Alter Jahre	Höhe cm	Alter Jahre	Höhe cm	Alter Jahre	Höhe cm	Alter Jahre	Höhe cm
Fichte	2	5	21,1	5	12,6	6	22,1	5	13,2
Tanne	2	—	—	5	9,0	—	—	—	—
Föhre	2	5	41,0	—	—	—	—	5	17,8
Lärche	2	4	26,7	5	13,0	—	—	5	16,0
Bergföhre . . .	2	5	31,0	5	8,0	6	7,3	5	10,9
Schwarzföhre . .	2	—	—	—	—	—	—	—	—
Buche	—	—	—	—	—	5	17,5	3	7,5
Bergahorn . . .	—	—	—	—	—	5	39,9	—	—
Spitzahorn . . .	—	—	—	—	—	6	46,0	—	—
Esche	—	—	—	—	—	7	25,1	—	—
Ulme	—	—	—	—	—	6	18,2	—	—
Birke	2	—	—	—	—	6	70,8	—	—
Eiche	—	—	—	—	—	5	10,5	—	—

Im Jahre 1908, als die Pflanzen 16—17 Jahre alt geworden waren, habe ich wieder eine Untersuchung vorgenommen.

Rigi-First (1462 m). Von der Eichen- und Eschensaat waren noch zahlreiche Pflanzen vorhanden, je 60 cm hoch. Bergahorn 100 cm.

In dem gepflanzten Teile: Lärche 2,40 m; sehr schön. Bergföhre 1,00—1,80; sehr schön. Arve 1,00; sehr schön und kräftig. Fichte 2,80. Schwarzföhre 1,30—2,00; sehr schön benadelt. Erst seit 4 Jahren sind kräftige Höhentriebe erfolgt von 40—60 cm, und bei Arven von 20—30 cm. Die meisten Fichten sind jetzt erst 80 cm hoch. Bis zum 13. Jahre war das Wachstum sehr gering. Die hinteren Äste sind meist vom Schnee abgebrochen (am Südosthang gepflanzt).

Rigi-Scheidegg (1600 m). Von den 1891 und 1892 angesäten und angepflanzten Holzarten hat der Besitzer, Dr. Stierlin, einen Teil zur Aufforstung des Südhanges verwendet: Fichte, Arve, Buche, Ahorn. Am besten gewachsen sind die Fichten. Höhe im Maximum 1,50 m. Höhentrieb 1908: 23, 1907: 20 cm; die meisten sind 1,0—1,2 m hoch, einzelne auch nur 0,60 m (in 17 Jahren!) Überall sind Schädigungen durch Schneelagen sichtbar. — Arve. Höhe im Maximum 1,0 m, die meisten 0,60 m. Höhentrieb 1908: 12 cm. — Buchen etwa 80 Stück; alle buschförmig, ohne ausgesprochenen Höhentrieb, knorrig, struppig; ein sehr schönes Beispiel, wie eine Holzart strauchförmig werden kann. Meistens 0,50—0,80 m hoch. Höhentrieb 1908: 12 cm. Bergahorn 0,80 m hoch. Dr. Stierlin hat etwa 1875 schon Anpflanzungen vorgenommen, die sehr lehrreich sind. Im etwa 35. Jahre Arven 3 m hoch und sehr kräftig, Föhre 6 m, Fichte 2—3 m, Lärche 4—5 m hoch. Die Lärche, die von Natur auf dem Rigi nicht vorkommt, hat sich am besten entwickelt; alle Stämme sind aber unten krumm gedrückt, die Äste vom Schnee 2 m hoch am Stamm hinauf herausgebrochen. Auch alle Fichten sind unten krumm; die meisten haben den Gipfel, auch die Seitenäste verloren. Die Hauptgefahr bilden die 3—5 m hohen Schneelagen. Die Bäumchen sind vollständig zugedeckt, sodaß man mit dem Schlitten über sie wegfährt.

7. Eichen, Eschen usw. wurden nach vorstehenden Nachweisen 5—600 m über der Region angepflanzt, in welcher sie am Rigi von

Natur vorkommen. Das Resultat war zum Teil überraschend. Die Keimung erfolgte auch bei Eichen in reichlichster Menge.

Sicherheit über die Baumgrenze, wie die Höhengrenzen der einzelnen Holzarten ist nur auf dem Wege des Experiments zu erreichen; nur bei diesem ist über die einflußreichen Faktoren Aufschluß zu erhalten. Zu wünschen bleibt, daß über die klimatischen Verhältnisse Beobachtungen in der Nähe der Versuchsbeete angestellt werden. Die an mehreren Orten angelegten alpinen Gärten geben Gelegenheit hiezu [1]).

8. Die in den botanischen Spezialwerken neuerdings beigefügten Höhenzahlen und die daran geknüpften Bemerkungen — besonders hervorzuheben ist z. B. die Flora von St. Gallen und Appenzell von Wartmann und Schlatter — tragen wesentlich zur Lösung pflanzengeographischer Probleme bei. Für waldbauliche Zwecke bedarf es aber noch einer Vervollständigung der Aufnanmen; denn in einem speziellen praktischen Falle, z. B. bei Aufforstungen, müssen die besonderen lokalen Verhältnisse genau abgewogen werden. Es sollten daher bei Aufnahmen auch Erhebungen über Exposition, Neigung, Bergform, geschützte oder exponierte Lage, Schnee- und Windverhältnisse, Boden, endlich über das Vorkommen in Gruppen, Horsten und Beständen gemacht werden. Im Hochgebirge wird jedes Tal, jeder Bergzug, jeder isoliert stehende Berg eine besondere Bearbeitung erfordern [2]).

§ 69. Die Gebirgslage in ihrem Einfluß auf die waldbaulichen Verhältnisse.

1. In hohen Lagen führen Schnee und Wind, steile Felswände, umherliegende Felsblöcke, die Waldweide zu einem unregelmäßigen Abstand der Bäume, zur Einstellung und Anordnung in Gruppen und Horsten. Ein geschlossener Bestand, wie er in tieferen Lagen sich findet, kommt in höheren Lagen nur ausnahmsweise vor. Es ist eine lichte [3]) Bestockung vorhanden, die Bäume haben lange Kronen, eine vielfach fast auf den Boden reichende Beastung.

Die ungleiche Entwickelung der Stämme und die Lücken, welche Wind, Schnee, Lawinen, Steinschlag etc. verursachen, bedingen eine unregelmäßige, über weite Flächen verbreitete Nutzung. Es entsteht die plenterweise Hiebsform und infolge davon der Plenterwald.

2. Neben der Erhebung über das Meer kommt die Erhebung über die Talsohle und die Entfernung von den menschlichen Wohnplätzen in Betracht. In den Mittelgebirgen beträgt die vertikale Entfernung

[1]) Schon 1831 meinte Hegetschwiler, daß bei hochgelegenen Hospizen botanische Gärten errichtet werden sollten. Beitr. zu einer kritischen Aufzählung der Schweizerpflanzen. Seite 121.

[2]) Vgl. in dieser Hinsicht u. a. Schröter, Botan. Exkursionen und pflanzengeographische Studien in der Schweiz seit 1904, und namentlich Rikli, Die Arve in der Schweiz. 1909.

[3]) Ein klassischer Hochgebirgswald von Lärchen, Arven und Fichten liegt zwischen Pontresina und dem Morteratsgletscher (1800 m).

von den Dörfern 6—700 m, im Hochgebirge 1000—1500—2000 m und darüber. Alle Arbeiten in der Höhe erfordern großen Aufwand an Zeit und Kraft. Am Rigi z. B. muß der Waldarbeiter 3—3½ Stunden steigen, bis er zum Arbeitsplatz kommt, und der Abstieg abends erfordert wieder etwa 2—2½ Stunden; die Zurücklegung des Weges erfordert also täglich allein 5—6 Stunden Zeit. Alle Arbeiten im Walde werden dadurch erheblich verteuert und verzögert. Das Bestreben des Waldbesitzers wird daher auf möglichste Verringerung der Arbeit im Walde gerichtet sein.

Die Arbeit selbst ist durch die Steilheit und Zerrissenheit der Hänge erschwert und zeitraubend. Die Pflanzkosten pro 1000 Stück werden in hohen Lagen zu 60—80 ℳ und darüber veranschlagt.

Dazu kommt, daß die Arbeiten (Handarbeiten, wie geistige Arbeiten) nicht, wie unten im Tal, auf die verschiedenen Jahreszeiten verteilt werden können, sondern in wenigen Monaten erledigt werden müssen.

3. Andererseits ist der Bedarf an Holz bei der dünnen Bevölkerung (oft nur 2—3 Einwohner pro qkm) der Hochlagen geringer. Aus diesem Grunde und wegen der hohen Kosten des Taltransports ist der Preis des Holzes oben vielfach niedrig. Äste und Gipfel der Bäume bleiben selbst in Mittelgebirgen vielfach unbenutzt liegen; nur das Stammstück verlohnt das Verbringen ins Tal. Wegen des geringeren Zuwachses in höheren Lagen ist der Materialertrag, wegen des geringeren Preises der Geldertrag in einem Teil der Gebirgswälder niedrig. Die Wirtschaft in hohen Lagen wird daher weniger intensiv sein können, als es in tieferen Regionen der Fall ist. Die Errichtung von Ställen, Käsereien, neuerdings von Unterkunfts- und Kurhäusern, die auch im Winter besucht werden, die Erbauung von Bergbahnen, die sich für den Holztransport eignen, haben an manchen Orten diese Verhältnisse umgestaltet. Das 1800 m hoch gelegene Oberengadin hat sehr hohe Holzpreise in letzter Zeit erzielt (siehe unten im Abschnitt Holzpreise). Die elektrischen Kraftleitungen gestatten die Aufstellung von Sägewerken an jedem beliebigen Orte und können eine vollständige Umwälzung in den Absatzverhältnissen herbeiführen. Dasselbe gilt von der Erstellung von Drahtseilriesen, wie sie in steigender Zahl im Gebirge eingerichtet werden. Neuerdings werden die Gebirgswaldungen durch Wegbauten zugänglicher gemacht, was auch waldbaulich von großer Bedeutung ist.

Hilty[1]) verlangt für die richtige Bewirtschaftung der Gebirgswälder ein vollständiges Wegnetz. Im Gebirge sei dieses sogar wichtiger, als in der Ebene oder im Hügelland, nicht wegen der Aufschließung der Wälder, sondern insbesondere wegen der natürlichen Verjüngung der Plenterwälder und wegen des Durchforstungsbetriebes.

---

[1]) Schweiz. Z. 1908, 109 ff. 196. Vgl. Merz, Die forstl. Verh. des Kantons Tessin. 1903. Seite 18. Jahresbericht der Forstverwaltung der Stadt St. Gallen. 1907. Seite 14. Wirtschaftsplan für die Heimwaldungen der Stadt Chur. 1907. Seite 19, 58.

4. Die Erwerbsverhältnisse der Gebirgsbevölkerung, die von der Natur auf Viehzucht und Milchwirtschaft angewiesen ist, bringen endlich ganz andere Anforderungen an den Wald mit sich, als es heutzutage in der Tiefe der Fall ist. Die Bevölkerung legt Gras- und Weideflächen im Walde an und nutzt das im lichtbestockten Walde wachsende Gras durch die Weide oder auch durch Abmähen aus. Die ohnehin langsam wachsende Pflanze wird durch das Weidevieh im Wachstum wiederholt zurückgesetzt; 60 jährige Pflanzen sind 40 und 50 cm hoch. Manche Pflanze wird durch den Tritt des Weideviehs vernichtet.

5. Endlich dient in höheren Lagen der Wald vielfach als Schutzwald gegen Lawinen, Steinschlag, Rutschungen, Runsen- und Schluchtenbildung. Er erfordert eine diesen Zwecken entsprechende Bewirtschaftung (Plenterwald), macht kostspielige Schutzvorrichtungen nötig[1]), die gleichwohl ihn nicht immer vor der Vernichtung durch Lawinen, Bergstürze etc. zu bewahren vermögen.

II. Die Exposition oder Himmelslage.

§ 70. Allgemeines.

1. Unter Exposition versteht man die Neigung des Bodens gegen eine bestimmte Himmelsgegend. Mit der Exposition ändern sich fast alle Wachstumsfaktoren (Beleuchtung, Temperatur, Feuchtigkeit, Wind) und zwar um so mehr, je höher der Hang und je steiler die Neigung ist.

Die Expositionen entstehen bei der Talbildung durch Flüsse und durch die Erhebung der Berge.

Verfolgt man auf den topographischen Karten und den Waldkarten die Bewaldung, so sieht man, daß die tiefer eingeschnittenen Flußläufe links und rechts von einem Waldstreifen begleitet sind, der jede Windung des Tales erkennen läßt.

Die nach Norden und Süden gerichteten Flüsse müssen vorherrschend Ost- und Westexpositionen, die nach Ost und West laufenden vorherrschend Süd- und Nordexpositionen hervorrufen. An den seitlich einmündenden Nebenflüssen oder an Bächen und Schluchten entstehen neben der Hauptexposition kleinere Abweichungen in der Himmelslage. Dies ist auch bei den Talwindungen der Fall. Nur wenige Flußtäler haben eine gleichbleibende Exposition. Je tiefer der Fluß eingeschnitten ist, um so mehr herrscht die Hauptexposition vor, so daß die Wirtschaft mancher Gegenden im engsten Zusammenhang mit der Exposition steht (so die West- und Ostseite der Vogesen, des Schwarzwalds und des Odenwalds, der Aare, Reuß und Limmat, des Tessin, die Süd- und Nordseiten der Donau, des oberen Inn, der oberen Rhone, der Karpathen, des Erzgebirges, der Pyrenaeen usw.). Ähnliches läßt sich an den zahllosen kleineren Flüssen und Bächen beobachten. Selbst die nur 100—200 m

[1]) Eine zusammenfassende Darstellung dieser Aufgaben gibt Burri: Die Behandlung der Gebirgswälder im Bereich von Eisenbahnen. Schweiz. Z. 1912, 37 ff.

hoch gelegenen Rücken und Kuppen der norddeutschen Tiefebene lassen deutlich den Einfluß der Exposition erkennen.

In breiten und tiefen Tälern gehören die Wälder verschiedener Talseiten meistens verschiedenen Eigentümern zu. Im Wallis hat die eine Gemeinde fast durchweg Süd-, eine andere fast durchweg Nordhänge. Im Elsaß überwiegen die Ost-, in Baden die Westhänge. In engen Tälern kommen solche Scheidungen selten vor; beide Talseiten gehören meistens demselben Eigentümer.

Die menschlichen Niederlassungen und die landwirtschaftlich benützten Gelände sind vorherrschend an den Südhängen zu finden, während die Nordhänge dem Walde überlassen sind; in geringerem Grade trifft ersteres für die West-, letzteres für die Osthänge zu. An den Süd- und Westhängen sind deshalb die Waldkomplexe durchbrochen, während sie an den Nord-, teilweise auch an den Osthängen größere zusammenhängende Flächen bedecken. Vielfach sind an den verschiedenen Expositionen auch verschiedene Holzarten vorhanden (z. B. im Wallis Lärchen vorherrschend am Süd-, Fichten am Nordhang, im Schwarzwald Föhren am Süd-, Tannen am Nordhang), was eine verschiedene Wirtschaft an beiden Talseiten mit sich bringt.

Man kann daher manchenorts von einem entscheidenden Einfluß der Exposition auf die gesamte Bodenkultur, die Land- wie die Waldwirtschaft sprechen.

Mit der Exposition ändern sich die wichtigsten Faktoren des Pflanzenwachstums: das Licht, die Temperatur, die Niederschläge und die Feuchtigkeit des Bodens.

Am bedeutendsten sind die Unterschiede der Niederschläge an den Luv- und Leeseiten der Gebirge, wofür Hann[1]) zahlreiche Belege mitteilt. An der Westküste Norwegens fallen 1000—1900 mm, im Innern nur 500—600. Die Nordseite der Berner Alpen hat 1200 mm Regenfall, die Südseite im mittleren Rhonetal nur 600—700, jenseits der Alpen (Piemont etc.) 1000—2000 mm. Diese Zunahme der Niederschläge tritt schon mit Annäherung gegen die Luvseite ein. In Mitteleuropa bilden die Südwest- (seltener die Süd-) und Westexpositionen die Luvseite.

Stationen, die an sonnigen Hängen liegen, haben eine höhere Lufttemperatur gegenüber anderen Lagen. Beatenberg am sonnigen Hange über dem Thunersee 1148 m hat eine Jahrestemperatur von 6°, Engelberg (1020 m) 5,2, Einsiedeln (910 m) 5,5[2]).

Im Gebirge liegen viele Stationen am Hange, meistens am Süd-, West- und Osthange; infolgedessen werden die Temperaturen verhältnismäßig hoch sein.

Auf die allgemeinen Verhältnisse kann nicht näher eingegangen werden.

---

[1]) Klimat. [3]I, 249.

[2]) Vgl. Klima der Schweiz. I, 218. Anm. und an verschiedenen andern Stellen.

Dagegen sollen einige waldbaulich wichtige Untersuchungen mitgeteilt werden.

§ 71. Der Einfluß der Exposition auf die Temperatur des Bodens.

1. Über die Bodentemperatur an den einzelnen Expositionen sind an verschiedenen Orten Beobachtungen gemacht worden.

Kerner[1]) stellte solche 1867—69 an einem isolierten Hügel bei Jnnsbruck in 780 m Meereshöhe und 1887—90 zu Trins im Gschnitztal, südlich von Innsbruck in 1340 m Höhe an. Die Thermometer waren 80 cm tief eingesenkt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 30 unter Nr. 1 und 2 zusammengefaßt.

Wollny[2]) richtete Beobachtungen in München an aufgeschütteten Erdkegeln ein, die 2,3 m Durchmesser und 15° Neigung hatten. Die Thermometer wurden 15 cm tief eingesenkt. Die Ablesungen erfolgten 7½ Uhr morgens, 12 Uhr und 5½ Uhr abends vom April bis Oktober 1877. (Nr. 3 in Tabelle 30.) Beobachtungen während des Jahres 1881/82 führten zum gleichen Resultat; die Zahlen sind daher hier nicht aufgenommen. Nr. 4 in Tabelle 30 enthält ähnliche Beobachtungen aus dem Versuchsgarten Adlisberg.

Tabelle 30.
Temperatur des Bodens an verschiedenen Expositionen.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Mittel	Amplitude
1. Innsbruck	9,5	10,6	11,3	12,6	12,6	12,7	12,2	10,2	11,5	3,2
Abweichung vom Mittel	−2,0	−0,9	−0,2	+1,1	+1,1	+1,2	+0,7	−1,3	—	—
2. Gschnitztal	5,1	5,5	5,9	7,5	7,8	7,8	7,4	6,5	6,7	2,7
Abweichung vom Mittel	−1,6	−1,2	−0,8	+0,8	+1,1	+1,1	+0,7	−0,2	—	—
3. München April—Okt. 1877	13,3	13,6	14,0	14,4	14,5	14,4	14,0	13,6	14,0	1,2
Abweichung vom Mittel	−0,7	−0,4	0	+0,4	+0,5	+0,4	0	−0,4	—	—
4. Adlisberg bei Zürich	a) Toniger Lehmboden bei 20° Neigung									
5 cm tief 1892	15,3	—	16,8	—	17,1	—	16,6	—	16,5	1,8
Abweich. v. Mittel	−1,2	—	+0,3	—	+0,6	—	+0,1	—	—	—
1893	14,4	—	16,4	—	16,7	—	16,6	—	16,0	2,3
Abweich. v. Mittel	1,6	—	+0,4	—	+0,7	—	+0,6	—	—	—
1894	14,5	—	15,0	—	15,4	—	15,2	—	15,0	0,9
Abweich. v. Mittel	−0,5	—	0	—	+0,4	—	+0,2	—	—	—
15 cm tief 1892	15,3	—	16,7	—	18,1	—	16,8	—	16,7	2,8
Abweich. v. Mittel	−1,4	—	0	—	+1,4	—	+0,1	—	—	—
1893	12,9	—	14,1	—	14,6	—	14,0	—	13,9	1,7
Abweich. v. Mittel	−1,0	—	+0,2	—	+0,7	—	+0,1	—	—	—
1894	13,0	—	14,0	—	14,2	—	13,5	—	13,7	1,2
Abweich. v. Mittel	−0,7	—	+0,3	—	+0,5	—	−0,2	—	—	—
	b) Humus bei 20° Neigung									
5 cm tief 1892	15,5	—	16,9	—	17,8	—	16,3	—	16,6	2,3
Abweich. v. Mittel	−1,1	—	+0,3	—	+1,2	—	−0,3	—	—	—

[1]) Sitzungsberichte der Wiener Ak. der Wiss. Math.-nat. Klasse. Bd. C. Mai 1891.

[2]) Forschungen zur Agrik. Physik. 1, 263; 10, 8.

Alle Untersuchungen stimmen dahin überein, daß die Südexpositionen die wärmste, die Nordexpositionen die kälteste, die Ost- und Westexpositionen mittlere Temperatur haben. Der Unterschied zwischen der wärmsten und kältesten Lage beträgt 1—3°.

2. Diesen Durchschnittszahlen müssen die einzelnen Beobachtungen gegenüber gestellt werden, wenn ein genaues und vollständiges Bild entstehen soll. Aus der genannten Abhandlung über die Beobachtungen im Versuchsgarten bei Zürich [1]) füge ich daher Tabelle 31 an.

Das Jahr 1893 mit seinen abnorm hohen Temperaturen ist herangezogen, weil es die Verhältnisse in sehr trockenen und warmen Jahren darstellt. Es ist erklärlich, daß die Reihenfolge der Expositionen in trockenen und nassen Jahren etwas verschieden ist.

Tabelle 31.

Reihenfolge der Expositionen nach der durchschnittlichen Temperatur des Bodens.

Versuchsgarten Adlisberg bei Zürich. Kahl. 3—5 cm tief.

a. Vom 1. April bis 31. Oktober 1893.

7 Uhr morgens	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	7 Uhr abends	Mittel
14,0 Ost 40°	19,9 Ost 40°	25,5 Süd 40°	22,8 West 40°	20,2 West 40°	19,7 Süd 40°
13,6 Ost 20°	19,9 Süd 40°	23,2 Süd 30°	22,4 Süd 30°	19,3 West 20°	19,0 Süd 30°
12,7 Süd 40°	19,2 Ost 20°	22,0 Süd 20°	22,3 Süd 40°	18,9 Süd 30°	18,0 Ost 20°
12,6 Süd 20°	18,1 Süd 30°	21,7 Süd 10°	22,2 West 20°	18,3 Süd 10°	18,0 Süd 20°
12,5 Süd 30°	17,4 Süd 20°	21,6 Ost 20°	21,5 Süd 10°	18,3 Süd 40°	18,0 West 20°
12,3 West 40°	16,6 Eben	21,4 West 20°	21,0 Eben	18,1 Eben	17,9 Süd 10°
12,2 Eben	16,4 Süd 10°	21,0 Eben	20,5 Süd 20°	17,7 Süd 20°	17,8 Eben
11,8 Süd 10°	15,4 West 20°	20,6 Ost 40°	19,6 Nord 10°	16,8 Nord 10°	17,8 West 40°
11,6 West 20°	15,0 Nord 10°	19,4 West 40°	19,0 Ost 20°	16,5 Nord 20°	17,7 Ost 40°
11,5 Nord 10°	14,6 Nord 20°	18,4 Nord 20°	18,8 Nord 20°	16,5 Ost 20°	16,5 Nord 10°
11,3 Nord 30°	14,3 West 40°	18,3 Nord 10°	17,9 Ost 40°	16,0 Nord 30°	15,9 Nord 20°
11,2 Nord 20°	13,9 Nord 40°	16,7 Nord 30°	17,4 Nord 30°	16,0 Ost 40°	15,1 Nord 30°
10,9 Nord 40°	13,9 Nord 30°	16,3 Nord 40°	16,9 Nord 40°	15,7 Nord 40°	14,7 Nord 40°
Differenz 3,1	6,0	9,2	5,9	4,5	5,0

b. Vom 1. April bis 31. Oktober 1894.

7 Uhr morgens	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	7 Uhr abends	Mittel
12,0 Ost 40°	16,8 Süd 30°	21,3 Süd 30°	19,6 Süd 30°	17,3 West 40°	17,1 Süd 30°
11,5 Eben	15,8 Ost 40°	20,4 Süd 40°	19,0 Eben	16,7 Eben	16,3 Süd 40°
11,5 Ost 20°	15,5 Süd 40°	18,9 Eben	18,7 Süd 40°	16,5 West 20°	16,2 Eben
11,3 Süd 30°	15,0 Eben	18,6 Süd 20°	18,6 West 40°	16,4 Süd 30°	15,4 Süd 20°
11,3 West 40°	14,9 Ost 20°	18,2 Süd 10°	18,1 West 20°	15,9 Süd 40°	15,4 Süd 10°
11,2 Süd 20°	14,6 Süd 10°	17,6 Ost 20°	17,9 Süd 10°	15.6 Süd 10°	15,3 West 40°
11,2 Süd 40°	14,2 Süd 20°	17,2 West 20°	17,7 Süd 20°	15,5 Süd 20°	15,2 West 20°
11,1 Nord 10°	13,6 Nord 20°	16,9 Ost 40°	17,1 Nord 10°	15,4 Nord 10°	15.0 Ost 20°
10,9 West 20°	13,5 Nord 10°	16,8 Nord 10°	16,7 Nord 20°	15,1 Nord 20°	15.0 Ost 40°
10,8 Süd 10°	13,3 West 20°	16,3 Nord 20°	16,4 Ost 20°	14,7 Ost 20°	14.8 Nord 10°
10,7 Nord 20°	12,9 West 40°	16,3 West 40°	15,8 Ost 40°	14,5 Nord 40°	14.5 Nord 20°
10,4 Nord 40°	12,6 Nord 40°	14,9 Nord 40°	15,4 Nord 40°	14.5 Ost 40°	13,5 Nord 40°
10,3 Nord 30°	12,4 Nord 30°	14,8 Nord 30°	14.9 Nord 30°	13.7 Nord 30°	13.2 Nord 30°
Differenz 1,7	4,4	6,5	4,7	3.6	3,9

[1]) A. a. O. Seite 290. Tab. 92, 93.

Am geringsten ist der Unterschied um 7 Uhr morgens mit 1,7 bezw. 3,1°; am größten um 1 Uhr mit 6,5 bezw. 9,2°; im Mittel beträgt er 3,9 bezw. 5°.

3. Gegenüber dem Durchschnitt der ganzen Vegetationszeit soll die Tabelle 32 zeigen, daß die Unterschiede der Temperatur des Bodens zu verschiedenen Tageszeiten und während verschiedener Monate wechselnde sind.

Tabelle 32.

Unterschiede zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur des kahlen Bodens im Versuchsgarten bei Zürich.

		7 Uhr	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	7 Uhr	Mittel
1893	März	2,3	6,6	11,2	8,8	6,2	7,0
	April	5,4	13,6	16,8	10,2	6,7	10,2
	Mai	4,3	8,4	9,2	6,6	4,2	5,1
	Juni	3,4	7,0	8,6	5,5	4,5	3,5
	Juli	2,2	5,0	6,1	4,0	3,3	2,8
	August	4,2	8,7	11,3	7,5	6,4	5,6
	September	2,3	4,8	7,5	5,2	4,1	4,1
	Oktober	1,8	3,7	6,6	5,1	4,3	4,0
1894	April	3,1	7,5	9,9	7,6	4,8	6,2
	Mai	1,4	4,1	7,5	5,1	3,2	4,0
	Juni	1,9	6,0	9,9	7,6	4,9	5,6
	Juli	2,5	5,5	6,7	5,1	4,6	3,6
	August	2,0	3,6	6,0	4,8	3,1	3,3
	September	1,7	4,2	6,6	4,3	3,3	3,7
	Oktober	1,0	3,0	4,6	2,9	2,4	2,5

Nach der Tabelle betragen die Unterschiede in den Monatsmitteln:

Morgens 7 Uhr . . . . . 1,8— 5,4° C.
„ 10 „ . . . . . . 3,0—13,6° C.
Mittags 1 „ . . . . . . 4,6—16,8° C.
„ 4 „ . . . . . . 2,9—10,2° C.
Abends 7 „ . . . . . . 2,4— 6,7° C.
Im Mittel . . . . 2,5—10,2° C.

Die Differenzen erreichen also sehr erhebliche Beträge. Besonders hervorragend ist der April 1893, in welchem die Dauer des Sonnenscheins die abnorm hohe Zahl von 300,6 Stunden betragen hat. Ähnliche Temperaturen hat der Sommer 1911 uns gebracht.

4. Die genannte Abhandlung enthält vier weitere Tabellen, in welchen die Temperaturen einzelner Tage aufgeführt sind: 23. Juli 1894 mit 12,85 Stunden Sonnenschein, 18. Juli 1894 bewölkt und 24. August 1894 mit 11,85 Stunden Sonnenschein und 13. August 1894 bewölkt. Ich führe hier nur die Hauptergebnisse an und verweise auf das Original[1]).

---

[1]) A. a. O. Seite 292, 293. Tab. 96—99.

Differenz der Temperatur der Expositionen.

	7 Uhr a.	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	7 Uhr p.	Mittel
23. Juli, sonnig	7,0	10,6	10,9	10,4	8,2	6,1
24. August, „	3,6	7,6	12,3	10,4	5,9	6,7
18. Juli, bewölkt	1,7	2,0	2,6	2,2	1,8	2,0
13. August, „	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,1

Bei bewölktem Himmel sind die Unterschiede gering; sie erreichen aber immerhin 1,0—2,6°. Anders an sonnigen Tagen; im Durchschnitt betragen sie schon 6,1—6,7° und steigen um 1 Uhr auf 10,9—12,3°. In der Tiefe von 15 cm sind die Unterschiede geringer; sie betragen im Mittel nur 3—4, im Maximum 6—9°.

5. Es ist noch von Interesse, die höchsten Bodentemperaturen überhaupt zu erfahren[1]).

Die hohen Bodentemperaturen sind von entscheidender Wichtigkeit bei der Keimung der Samen, also bei Saaten und natürlichen Verjüngungen. Aus den bisherigen Untersuchungen, die allerdings noch weiter vervollständigt werden müssen, geht hervor, daß die Keimung bei 7—8° beginnt, bei etwa 20° ihr Optimum erreicht und bei 35—40° wieder abnimmt. Die Schnelligkeit der Keimung und des Wachstums der jungen Pflanzen hängt ebenfalls mit der Temperatur (und mit der Feuchtigkeit des Bodens) zusammen.

Saaten, mit demselben Samen an verschiedenen Expositionen im Versuchsgarten ausgeführt, ergaben ganz verschiedene Resultate. Ebenso sind die Saaten, welche zu verschiedener Zeit ausgeführt werden, in ihrem Ergebnis von der Bodentemperatur beeinflußt. Am Südhange müssen Verjüngungsschläge anders geführt werden, als am Nordhange; in regenreichen Gegenden anders als in regenarmen. Am Nordhange können Pflanzungen später ausgeführt werden, weil der Boden kühler und feuchter bleibt.

Aus diesen Erwägungen ist die folgende Übersicht (Tabelle 33) über die höchsten im Versuchsgarten beobachteten Temperaturen des Bodens hervorgegangen.

Da die Differenzen in der Temperatur an verschiedenen Expositionen oft nur 0,1° betragen, so erklärt es sich, daß die Maximaltemperaturen nicht auf denselben Tag fallen. Wind oder Bewölkung zur Zeit der Ablesung können hierin Verschiebungen bewirken.

Die hohen Temperaturen traten ein, nachdem 4—6 Tage lang die Dauer des Sonnenscheins je 12 Stunden erreicht hatte.

---

[1]) A. a. O. S. 298.

Tabelle 33.
Höchste Temperatur der obersten Bodenschicht.
Während des Sommers 1893.
Kahl. 3—5 cm tief.

Lage	Monat	Tag	Stunde	°C	Lufttemp. im Schatten
Süd 40°	August	23.	1 Uhr	38,0	28,2
Ost 20°	August	23.	1 „	35,6	28,2
West 40°	Juli	4.	4 „	35,2	27,4
Süd 10°	August	23.	1 „	34,8	28,2
Süd 30°	August	20.	4 „	34,6	29,0
West 20°	Juli	4.	4 „	34,4	27,4
Süd 20°	August	19.	1 „	33,4	28,4
Nord 10°	Juli	4.	4 „	33,4	27,4
Nord 20°	Juli	4.	4 „	33,0	27,4
Ost 40°	August	19.	1 „	33,0	28,4
Eben	Juli	4.	4 „	32,6	27,4
Nord 30°	Juli	4.	4 „	27,4	27,4
Nord 40°	Juli	1.	4 „	27,2	26,0

Während des Sommers 1894.
Kahl. 3—5 cm tief.

Süd 30°	Juli	24.	1 Uhr	37,8	27,8
West 40°	Juli	24.	4 „	37,0	28,8
Süd 40°	Juli	25.	1 „	35,8	25,6
Eben	August	25.	4 „	34,4	28,2
Ost 20°	Juli	25.	1 „	34,0	25,6
Süd 20°	Juli	25.	1 „	34,0	25,6
Süd 10°	Juli	24.	1 „	33,2	27,8
Ost 40°	Juli	25.	1 „	33,0	25,6
West 20°	Juli	2.	4 „	32,0	26,0
Nord 10°	Juli	24.	4 „	31,4	28,8
Nord 20°	Juli	24.	4 „	29,6	28,8
Nord 30°	Juli	25.	1 „	28,3	25,6
Nord 40°	Juli	25.	1 „	26,9	25,6

Die höchsten Temperaturen fallen in die Monate Juli und August. Auf der Südexposition steigen sie bis zu 38° in der obersten Bodenschichte, während sie auf der Nordexposition nur 27—28°, auf der Ebene 33—34° erreichen. Der Unterschied der Maximaltemperaturen zwischen Süd und Nord beträgt also 10°.

Im April und Mai an verschiedenen Expositionen ausgeführte Saaten mehrerer Holzarten zeigen durch ihr Verdorren, daß bei gewissen Niederschlagsverhältnissen diese Temperaturen den Pflanzen schon verderblich werden.

6. Für die Ausführung der Frühjahrssaaten kommen die Temperaturen im März, April und Mai in Betracht.

Auf der südlichen Exposition erreicht die Temperatur im April 1893 schon 30—35°; dieser Betrag ist ein außergewöhnlich hoher aus den mehrfach erwähnten Ursachen. Aber auch für gewöhnliche Jahre müssen Maximaltemperaturen von 28—30° für die Südexposition im April in Rechnung genommen werden. Auf der Ebene beträgt die Temperatur im April 24—26, im Mai 28—29°.

7. Die im Versuchsgarten angestellten Beobachtungen über den Einfluß der Exposition auf die Temperatur geben Aufschluß über die Verhältnisse im Freien, wie sie sich bei ungehinderter Einwirkung der Sonne auf Äckern, in Weinbergen, Wiesen und Weiden, auf unbebautem, rohem Boden, ferner auf ausgedehnteren Waldblößen und auf Kahlschlägen gestalten.

Eine weitere Serie von Untersuchungen war dazu bestimmt, die Temperatur des Bodens unter dem Kronendach eines 20jährigen Buchenbestandes zu ermitteln. Unmittelbar neben dem Versuchsgarten, bei der gleichen Meereshöhe und auf demselben Boden wurden die Beobachtungen angestellt. Der Schluß des Buchenbestandes ist sehr dicht, die Bäume sind erst etwa 10 m hoch. Der Abstand der Kronen vom Boden ist daher gering und die Beschattung die stärkste, welche in Buchenbeständen erreicht werden kann. Unter dem Bestande sind Erdpyramiden aufgeschüttet, welche oben eine ebene Fläche haben und nach den vier Himmelsrichtungen in einem Winkel von 30° abfallen.

Die Beobachtungen wurden zu gleicher Zeit wie im Freien angestellt. Im Oktober war es dagegen Abends 7 Uhr im Walde schon zu dunkel für die Beobachtungen, weshalb sie nicht regelmäßig gemacht werden konnten. In der Tabelle sind die Beobachtungsdaten für 7 Uhr abends deshalb weggelassen. Die Tabellen enthalten nur die Beobachtungen von 1894[1]).

Tabelle 34.

Bodentemperatur unter 20jährigen Buchen.
1894.
Kahl 3—5 cm tief.

Monat	7 Uhr	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	7 Uhr	Mittel
			Eben			
April	6,6	8,3	10,5	10,5	9,7	9,1
Mai	8,5	9,3	10,3	10,6	10,2	9,8
Juni	10,8	12,0	12,9	13,2	12,8	12,3
Juli	13,6	14,7	15,5	15,8	15,4	15,0
August	12,6	13,5	14,4	14,6	14,2	13,9
September	9,7	10,4	11,1	11,3	11,1	10,7
Oktober	6,9	7,3	7,9	8,0	—	—

[1]) Die Tabellen a. a. O. Seite 309.

Monat	7 Uhr	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	7 Uhr	Mittel
			Nordexposition 30°.			
April	6,4	7,9	9,4	9,7	9,2	8,5
Mai	8,6	9,3	10,2	10,5	10,3	9,8
Juni	10,9	11,6	12,2	12,6	12,5	12,0
Juli	13,9	14,5	15,3	15,6	15,4	14,9
August	13,0	13,5	14,1	14,5	14,4	13,9
September	10,0	10,3	10,9	11,2	11,1	10,7
Oktober	7,0	7,2	7,7	7,9	—	—
			Ostexposition 30°			
April	6,9	9,3	11,2	11,0	10,3	9,7
Mai	8,5	9,4	10,4	10,6	10,4	9,9
Juni	10,7	11,4	12,2	12,6	12,5	11,9
Juli	13,8	14,5	15,1	15,5	15,3	14,8
August	12,9	13,5	14,2	14,5	14,4	13,9
September	9,9	10,4	11,0	11,3	11,2	10,8
Oktober	6,9	7,2	7,8	8,0	—	—
			Südexposition 30°.			
April	7,0	8,1	10,1	10,7	10,1	9,2
Mai	8,6	9,2	10,2	10,6	10,4	9,8
Juni	10,8	11,4	12,2	12,6	12,5	11,9
Juli	13,8	14,4	15,1	15,5	15,4	14,8
August	13,0	13,4	14,2	14,6	14,5	13,9
September	10,0	10,4	11,0	11,3	11,2	10,8
Oktober	7,0	7,2	7,9	8,1	—	—
			Westexposition 30°.			
April	6,7	7,5	9,1	9,7	9,3	8,5
Mai	8,8	9,4	10,4	10,8	10,5	10,0
Juni	11,0	11,6	12,4	12,8	12,7	12,1
Juli	14,0	14,6	15,4	15,8	15,5	15,0
August	13,0	13,5	14,2	14,6	14,5	14,0
September	10,2	10,6	11,1	11,4	11,3	10,9
Oktober	7,1	7,3	7,8	8,0	—	—

Was zunächst ins Auge fällt, ist die geringe Änderung der Temperatur während des Tages. Zwischen der tiefsten Temperatur um 7 Uhr und der höchsten um 4 Uhr beträgt die Differenz nur 2°. Im Freien steigt der Unterschied auf 8—10°.

Der Unterschied zwischen verschiedenen Expositionen ist sodann fast verschwindend klein; im Monatsmittel steigt er selten auf 0,6°.

Die Temperatur der Ebene ist im Waldesschatten während der Monate April bis Oktober um 5—7° niedriger, die Temperatur der Südexposition um 6—10° niedriger als im Freien. Am 24. August 1894

stieg die Temperatur an der Südexposition im Freien bis auf 33°, im Waldesschatten nur auf 17,4°; unter Buchen war also der Boden 15,6° kühler, als im Freilande. Bei bewölktem Himmel ist die Temperatur des Bodens im Walde noch 3° niedriger, als im Freien.

Für manche waldbauliche Erfahrung läßt sich aus diesen Resultaten die Erklärung entnehmen. Die Wirkung der Lichtung bei natürlichen Verjüngungen, die Fähigkeit der verschiedenen Holzarten den Bestandesschatten zu ertragen, selbst die natürliche Verbreitung der Holzarten werden zum Teil auf die Bodentemperatur zurückzuführen sein.

8. Von praktischer Bedeutung ist die Erwärmung des Bodens im Frühjahr. Das Abschmelzen des Schnees, das Auftauen und das Abtrocknen des Bodens, das Auftreten des Barfrostes, die Keimung der Samen und die erste Entwickelung der Keimlinge (Stämmchen und Wurzeln) hängen mit der Exposition deutlich zusammen. In mittleren Höhenlagen kommt die Temperatur des März, in niederen auch schon diejenige vom Februar, in höheren diejenige des April und Mai in Betracht. Die Bodentemperatur ist von der Schneedecke, die mit Zunahme der Meereshöhe immer später wegschmilzt, abhängig.[1])

Im Versuchsgarten Adlisberg wurden im März 1893 Beobachtungen angestellt; die Daten sind in Tab. 35 zusammengefaßt.

Tabelle 35.

Versuchsgarten Adlisberg.

Toniger Lehmboden. Kahl.

Bodentemperatur März 1893. Mittel aus 7, 10, 1, 4, 7 Uhr.

	Eben	N 20°	O 20°	S 20°	W 20°	Durchschnitt	Lufttemperat.
5 cm tief	5,6	3,8	5,3	7,5	6,5	5,7	5,9
15 cm tief . . .	3,8	2,8	4,3	5,7	4,1	4,1	—
Differenz	1,8	1,0	1,0	1,8	2,4	1,6	—
5 cm tief 1 Uhr .	8,1	5,1	7,9	11,1	8,7	—	8,1

Süd und West überschreiten den Durchschnitt, Ost und Ebene bleiben wenig, Nord am weitesten hinter diesem zurück. Die wärmeren Expositionen sind auch in 15 cm Tiefe der Ebene und der Nordexposition voraus. Um 1 Uhr ist Süd 6,0° wärmer, als Nord.

9. Über die Bewegung der Bodentemperatur während des Tages entnehme ich den Tabellen 113 und 114[2]) der genannten Abhandlung noch einige Zahlen.

[1]) A. a. O. Seite 271 ff. Tab. 22—56.

[2]) A. a. O. Seite 306, 307.

Tabelle 36.

Die Temperatur steigt (+) bzw. fällt (—) auf kahlem Boden in 5 cm Tiefe

1. April bis 31. Okt. 1893.	7—10 Uhr	10—1 Uhr	1—4 Uhr	4—7 Uhr
Eben	4,4	4,4	0,0	— 2,9
Nord 20°	3,4	3,8	0,4	— 2,3
Ost 20°	5,6	2,4	— 2,6	— 2,5
Süd 20°	4,8	4,6	— 1,5	— 2,8
West 20°	3,8	6,0	0,8	— 2,9
Lufttemperatur	3,0	2,5	0,4	— 2,0
1. April bis 31. Okt. 1894.				
Eben	3,5	3,9	0,1	— 2,3
Nord 20°	2,9	2,7	0,4	— 1,6
Ost 20°	1,2	2,0	0,4	— 0,5
Süd 20°	0,7	2,0	1,3	— 0,4
West 20°	0,1	1,3	1,3	0,3
Lufttemperatur	2,5	2,0	0,3	— 1,8

Die tiefste Temperatur tritt durchweg morgens 7 Uhr ein. Im Laufe des Tages steigt dieselbe, um zu einer bestimmten Stunde ihr Maximum zu erreichen.

Auf der Ebene tritt die Maximaltemperatur während der einzelnen Monate, wie im Durchschnitt in 5 cm Tiefe und in 15 cm Tiefe fast immer um 4 Uhr, höchst selten um 1 Uhr oder erst um 7 Uhr abends ein.

An den Ost- und Südhängen tritt das Maximum in 5 cm Tiefe fast durchweg um 1 Uhr, bei 15 cm Tiefe um 4 Uhr ein.

An den Nord- und Westhängen tritt das Maximum um 4 Uhr, in 15 cm Tiefe um 7 Uhr abends ein.

Die Kulmination tritt also an Ost- und Südhängen am frühesten (1 Uhr) ein, auf Nord- und Westhängen, sowie auf ebenen Beeten schiebt sie sich auf 4 Uhr, ausnahmsweise sogar auf 7 Uhr hinaus.

10 In Tabelle 36 ist die Bewegung der Luft- und Bodentemperatur genauer dargelegt. In derselben ist angegeben, um wie viele Grade in je drei Stunden die Luft- und Bodentemperatur sich ändern.

Die Lufttemperatur steigt von 7—10 Uhr um 2,5 bis 3°, von 10—1 Uhr um 2,0 bis 2,5°, von 1—4 Uhr um 0,3 bis 0,4°, von 4—7 Uhr fällt sie um 1,8 bis 2°. Die Temperatur derjenigen Beete, welche von den Sonnenstrahlen schon um 7 Uhr getroffen werden, steigt bedeutend rascher, als diejenige der Luft; sie nimmt von 7—10 Uhr bezw. 10—1 Uhr um 4 bis 6, selbst 7° zu.

Von 1—4 Uhr ist die Steigerung der Lufttemperatur nur noch unbedeutend. Ungefähr in demselben Grade steigt die Temperatur der Nordexposition. Die Temperatur der Ebene ändert sich kaum mehr, während sie an den Ost- und Südhängen bereits wieder im Fallen begriffen ist. Nur die Westhänge erleiden von 1—4 Uhr noch eine erhebliche Steigerung der Temperatur; sie beträgt 2—3°.

Von 4—7 Uhr fällt fast ausnahmslos auch die Temperatur des Bodens.

Lufttemperaturangaben stehen in der Regel zu Gebot, dagegen nur selten solche über die Bodentemperatur.

Es folgen daher noch einige Vergleichungen der Bodentemperatur und der Lufttemperatur.

Die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe ist im Durchschnitt der Monate April bis Oktober in allen Lagen, ausgenommen die Nordlage, mit 30° und 40°, höher als die Lufttemperatur.

Bei 15 cm Tiefe steht die Bodentemperatur der Lufttemperatur gleich oder ist etwas niedriger als die Lufttemperatur.

Das angegebene Verhältnis ist auch während des Sommers fast ausnahmslos vorhanden, nur die Nordexposition ist im März, April und Oktober in allen Neigungsgraden kälter als die Luft.

Die Differenz zwischen Boden- und Lufttemperatur steigt im Durchschnitt des Sommers bis auf 6° an. In den wärmsten Monaten ist der Boden an der Südexposition bei 3—5 cm Tiefe im Monatsmittel bis zu 7°, an einzelnen Tagen bis zu 10° wärmer als die Luft.

§ 72. Die Verdunstung des Wassers aus dem Boden an verschiedenen Expositionen.

1. Im Versuchsgarten Adlisberg wurden 1894 Messungen des aus dem Boden verdunstenden Wassers an verschiedenen Expositionen vorgenommen. Über die Ergebnisse habe ich 1895 Bericht erstattet;[1]) diesem sind die folgenden Ausführungen entnommen.[2]) Von Periode I—XIV sind nur die durchschnittlichen Verhältniszahlen angeführt, bezüglich der Einzelheiten muß auf das Original verwiesen werden.

Zu der Untersuchung wurden Blechgefäße verwendet, welche 20 cm breit, 20 cm lang und 10 cm tief waren. Die verdunstende Bodenfläche war also 400 cm² groß.

Die Gefäße wurden mit lehmigem Tonboden, welcher gleichmäßig getrocknet worden war, so gefüllt, daß die Gefäße mit Erde je ein Gewicht von 5000 g hatten. Der Erde wurden je 1000 g Wasser zugegossen. Das Gewicht eines jeden Blechgefäßes betrug also 6000 g.

Die Blechgefäße wurden nun ins Freie gebracht und unter verschiedenen äußeren Verhältnissen der Verdunstung ausgesetzt. Die Anordnung der Versuche war folgende:

---

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 4, 316.

[2]) Die Beobachtungen in den Gefäßen 6—10 (Tab. 37, 38) werden schon hier angeführt, um eine Wiederholung der Tabelle weiter unten zu vermeiden.

Gefäß Nr. 1 wurde im Garten auf einem ebenen Beete,
„ „ 2 „ „ „ „ „ 30° nach Norden geneigten Beete,
„ „ 3 „ „ „ „ „ „ „ Osten „ „
„ „ 4 „ „ „ „ „ „ „ Süden „ „
„ „ 5 „ „ „ „ „ „ „ Westen „ „
aufgestellt.

Neben diesen im Freien ausgesetzten Gefäßen wurden 5 weitere Gefäße verwendet, bei welchen die Bedingungen der Verdunstung geändert waren. Gefäß Nr. 6 und 7 wurden unter dem vorspringenden Dach des Beobachtungshauses auf der Nordseite, neben den meteorologischen Instrumenten, Gefäß Nr. 8 wurde unter jungen 1—1,50 m hohen geschlossenen Bergahorn. Gefäß Nr. 9 und 10 endlich unter dem an den Garten anstoßenden 20jährigen Buchenbestand je in ebener Lage aufgestellt.

Die Gefäße 7 und 10 wurden erst am Ende der II. Periode hinzugefügt, um durch doppelte Untersuchung eine größere Sicherheit zu erlangen.

Die Bestimmung des Gewichtes der Gefäße wurde in der Regel morgens 7 Uhr und abends 6 Uhr vorgenommen; manchmal machten die Witterungsverhältnisse oder andere dringende Geschäfte kleinere Abweichungen von diesen Terminen nötig.

Die auf Seite 245 folgenden Übersichten enthalten die Resultate der Messungen. Es sind 14 Perioden ausgeschieden, weil durch Regenfall die einzelnen Beobachtungsreihen unterbrochen wurden. Die Dauer der Perioden schwankt von 1 Tag (V.) bis zu 7 Tagen (I. Periode).

Im Detail sind nur die Resultate der beiden längsten Perioden, der I. und VI. mitgeteilt. Für die übrigen Perioden sind nur die Schlußresultate aufgeführt. Aus den beiden Detailtabellen läßt sich der Einfluß des Sonnenscheins sehr deutlich erkennen.

2. Je größer der Wassergehalt des Bodens ist, um so größer ist die Verdunstung. Gegen das Ende der I. Periode ist der Gewichtsverlust im Freien auf 27—47 g gesunken, während er am Anfang der Periode bei ungefähr gleicher Sonnenscheindauer, bis zu 257 g betragen hat. Unter dem geschlossenen Buchenbestand dagegen ist die Verdunstung viel gleichmäßiger, da der Wassergehalt nur sehr langsam abnimmt.

Während der VI. Periode sind an 6 Tagen im Freien bis zu 1019 g verdunstet, unter dem Buchenbestand dagegen nur 118 g oder 12% der im Freien verdunsteten Wassermenge.

Nach Tabelle III der Originalabhandlung ergibt sich, daß im Durchschnitt der 14 Perioden das ebene Gefäß ebenso viel verdunstete, als die nach Süden und Westen geneigten Gefäße, daß an der Nord- und Ostexposition die Verdunstung um etwa 10% geringer war.

Verdunstung von Wasser aus dem Boden.

Tabelle 37.

I. Periode	Sonnenscheindauer	Im Freien					Im Schatten des Beobachtungshauses unter dem Vordach		Unter geschlossenen jungen Ahorn	Unter dem Schluß von Buchen	
		Eben	Nach Norden	Nach Osten	Nach Süden	Nach Westen					
			geneigt, je 30°								
	Stunden	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 10
		Verdunstung in Gramm									
27. Juni 1 Uhr	4,55										
28. „ $9^1/_2$ „ m.		241	251	193	218	245	152	—	198	52	—
28. „ 6 „ a.	8,85	255	128	200	257	251	92	—	97	43	—
29. „ 7 „ m.		32	19	30	20	14	58	—	37	19	—
29. „ 6 „ a.	9,95	106	64	171	107	100	113	—	64	48	—
30. „ 7 „ m.		24	9	19	11	10	60	—	19	19	—
30. „ 6 „ a.	11,00	70	67	80	67	60	98	—	40	52	—
1. Juli 8 „ m.		3	5	12	4	8	39	—	13	30	—
1. „ 6 „ a.	10,00	43	47	49	51	46	38	—	19	36	—
2. „ 7 „ m.		2	2	3	—	—	20	—	13	13	—
2. „ 6 „ a.	11,00	27	44	43	47	43	32	—	21	42	—
3. „ 7 „ m.	1,90	5	7	3	1	—	16	—	5	12	—
	57,25	808	643	803	783	777	718	—	526	366	—

Tabelle 38.

VI. Periode.											
20. Juli 7 Uhr m.											
20. „ 6 „ a.	11,00	161	127	116	178	165	9	15	18	8	10
21. „ 7 „ m.	1,80	13	25	16	12	21	4	8	9	12	6
21. „ 6 „ a.	11,00	183	148	147	199	166	10	17	29	6	10
22. „ 8 „ m.	2,35	9	20	16	12	25	2	6	4	5	4
22. „ 6 „ a.	10,00	194	150	157	208	171	14	17	24	12	9
23. „ 7 „ m.	1,95	21	28	23	27	41	4	8	17	20	13
23. „ 6 „ a.	11,00	205	157	157	128	161	7	15	20	3	15
24. „ 7 „ m.	1,75	3	28	23	8	27	8	12	14	17	15
24. „ 6 „ a.	11,00	156	131	94	73	87	8	15	65	15	15
25. „ 7 „ m.	1,40	4	13	8	1	—	4	8	18	12	12
25. „ 6 „ a.	8,85	70	64	54	49	48	5	10	28	8	8
	72,10	1019	891	811	895	912	75	131	246	118	117
	Verhältniszahlen. Ebene = 100.										
I. Periode		100	80	99	97	96	89	—	65	45	
VI. Periode		100	87	80	88	89	7	13	24	12	12
I.—XIV. Periode		100	90	89	100	100	29	12	31	22	11

Unter den jungen Ahorn beträgt die Verdunstung des ebenen Gefäßes noch 22 %, unter dem Buchenbestande sogar nur noch 13 % des im Freien verdunsteten Quantums.

Daraus geht der Einfluß des Kronendaches auf die Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit sehr deutlich hervor; er ist weit erheblicher, als derjenige der Nordexposition.

Die Verdunstung des Wassers dauert in der Regel auch während der Nacht fort. Nur an 3 Tagen waren einige Gefäße um 1—4 g schwerer gewesen als am Abend vorher.

Im Freien ist die bei Nacht verdunstete Menge gering; unter dem Kronendach beträgt dagegen die bei Nacht verdunstete Menge mehr als ein Drittel der gesamten verdunsteten Wassermasse.

Im Durchschnitt der III.—XIV. Periode verdunsteten nämlich bei Nacht von der gesamten verdunsteten Wassermenge

Nr.	1 Eben	7 %
„	2 nördlich geneigt	13 %
„	3 östlich „	11 %
„	4 südlich „	8 %
„	5 westlich „	12 %
Dagegen		
Nr.	8 unter Ahorn	27 %
„	9 im Buchenbestand	39 %
„	10 „ „	42 %

In den Gefäßen, welche nur 10 cm tief waren, konnte Wasser aus tieferen Schichten des Bodens nicht aufsteigen. Die Resultate entsprechen also einem flachgründigen, durch eine Kiesschicht oder eine Felsplatte von den tieferen Lagen abgetrennten Boden.

§ 73. Die Feuchtigkeit des Bodens an verschiedenen Expositionen.

1. Wollny stellte 1880—1883 Untersuchungen über den Einfluß der Exposition auf die Feuchtigkeit des Bodens an[1]). Er fand, daß der Boden auf der Süd- und Nordseite um 2 %, auf der Ost- und Westseite um 0,87 % (des Gewichts) differierte. Von den Expositionen ist Nord die feuchteste, dann folgen West, Ost, Süd. Bodentemperatur und Winde werden von Wollny als die hauptsächlichsten Faktoren der Bodenfeuchtigkeit betrachtet.

2. Der Boden, der mit Roggen oder Gras bewachsen war, zeigte größere Unterschiede in der Feuchtigkeit, nämlich 2,5—3,6 % zwischen der Nord- und Südseite. Wegen der höheren Temperatur waren die Pflanzen auf der Südseite besser entwickelt, als auf der Nordseite;

---

[1]) Forschungen. 6, 377.

erstere nahmen daher größere Wassermengen aus dem Boden auf, als letztere; die Südseite mußte trockener sein.

3. Im Jahre 1911 wurden im Versuchsgarten Großholz Untersuchungen über die Bodenfeuchtigkeit an verschiedenen Expositionen angestellt. An den aus Lehm-, Sand- und Tonboden aufgeschütteten Hügeln (2 m Höhe, unterer Durchmesser bis 5 m) wurden am 19. Juli je in halber Höhe Bodenproben aus der Schichte 0—10 cm entnommen; der Boden wurde an der Sonne vollständig getrocknet. Die Differenz im Gewicht des frischen und feuchten und des trockenen Bodens ergab die Bodenfeuchtigkeit. Die Gefäße waren 20×20 cm breit und 10 cm hoch; die verdunstende Fläche war 400 cm² groß. Unter 100jährigen Buchen waren ebenfalls Hügel aufgeschüttet, jedoch nur von 1 m Höhe.

Der letzte Regen war am 3. Juli gefallen.

Tabelle 39.

Bodenfeuchtigkeit 19. Juli 1911.

An Erdhügeln, oberste Schichte 0—10 cm tief.

	Nordseite	Ostseite	Südseite	Westseite
	Gramm in 0,004 cbm.			
	a. Garten frei			
Lehmhügel	520	430	490	525
Sandhügel	195	84	65	180
Tonhügel	345	345	345	305
Durchschnitt	353	286	300	337
Verhältnis zu Nord	100	81	85	95
	b. Unter dem 100jährigen Buchenbestand			
Lehmhügel	305	315	295	305
Sandhügel	190	202	235	170
Tonhügel	320	350	375	320
Durchschnitt	272	289	302	265
Verhältnis zu Nord	100	106	111	97

Im Freien ist Nord die feuchteste Lage, dann folgen W, S, O.

Unter Buchen ist Süd die feuchteste Lage, dann folgen O, N, W.

Die Unterschiede im Wassergehalt stiegen bis auf 19 % im Freien, unter Buchen nur auf 11 %. (Die Südseite des freien Tonhügels ist vielleicht durch irgend einen Zufall etwas zu hoch). Am schärfsten ausgeprägt ist der Einfluß der Exposition beim freien Sandhügel: Nord 100, Ost 43, Süd 33, West 92.

Die Feuchtigkeit unter Buchen kommt an Ost und Süd derjenigen der freien Lage gleich, obwohl die Niederschläge unter Buchen um 20 % geringer sind.

III. Der Neigungsgrad des Terrains gegen den Horizont.

§ 74. Allgemeines.

1. Die Neigung wird gewöhnlich gutächtlich angesprochen; für genauere Vergleichungen muß sie in Graden ausgedrückt werden.

Die forstlichen Versuchsanstalten haben folgende Bezeichnungen vereinbart: [1])

Eben oder fast eben	5°	oder	8 %	Neigung
sanft oder schwach geneigt	6—10°	,,	9—16 %	,,
abschüssig (lehn)	11—20°	,,	17—32 %	,,
steil	21—30°	,,	33—48 %	,,
sehr steil oder schroff . . .	41—45°	,,	49—70 %	,,
sehr schroff über	45°	,,	über 70 %	,,

2. Mit dem Neigungsgrad ändert sich die Temperatur und der Wassergehalt des Bodens. Diese Wirkungen werden in der Regel zu wenig beachtet, weil sie im Walde nicht immer deutlich hervortreten. Auf den Weideflächen des Hochgebirges ist jede stärkere Neigung durch die Farbe des Grases gekennzeichnet.

Der mehr oder weniger steile Abfall der Berghänge macht die landwirtschaftliche Benützung unmöglich, die Hänge verbleiben dem Walde. Findet sich aber im Gebirge eine ebene oder weniger geneigte Fläche am Hange, so sehen wir sie als Weide benützt. Dieser Wechsel von Weide und Wald bildet das charakteristische Merkmal der Gebirgswirtschaft. Wo der Wald fehlt oder sorglos vernichtet wurde, erscheint der kahle Fels oder es breitet sich die öde Schutthalde aus. Der Wald ist von höchster volkswirtschaftlicher Bedeutung, nicht nur weil er die einzige Möglichkeit der Benützung des Bodens gewährt, sondern namentlich weil er die Tallandschaft vor Verheerungen schützt. Je steiler und je höher die Hänge sind, um so einflußreicher ist die Einwirkung des Waldes (Schutzwald).

Die mehr oder weniger steile Neigung des Geländes ist hauptsächlich von der Gesteinsart bedingt. Die geologischen Verhältnisse bestimmen den Charakter der Landschaft und die Besonderheiten der Wirtschaft. Es braucht nur an die steilen Hänge der Granit- und der verschiedenen Kalkformationen im Gegensatz zu den sanften Hängen mancher Sand-, Lehm- oder Mergelschichten erinnert zu werden.

3. Es handelt sich an vielen Orten mehr um die Erhaltung des Waldes, als um seine Ausnützung.

Je steiler die Hänge sind, um so schwieriger ist die künstliche und auch die natürliche Verjüngung. Der Same wird abgeschwemmt, wenn

[1]) Anleitung z. Standorts- und Bestandesbeschreibung beim forstlichen Versuchswesen. 1909. Seite 7.

er nicht in Vertiefungen, Löchern von alten Stöcken festgehalten wird. Saaten und Pflanzungen können nur mühsam ausgeführt werden und erfordern hohe Kosten. Eine Hauptsorge des Gebirgsforstwirtes ist es daher, die natürliche Verjüngung sicherzustellen.

Die Gefahr des Abschwemmens und Abrutschens des Bodens, insbesondere der feineren Bodenbestandteile und des Humus wird um so größer, je steiler und je höher der Hang ist. Geologische Formation und physikalische Beschaffenheit des Bodens, die Steilheit der Bach- und Flußufer, die Schichtung des Bodens, die Größe und Heftigkeit der Niederschläge wirken wesentlich auf das Eintreten dieser Bodenveränderungen ein.

Im Hochgebirge, teilweise auch in den hohen Lagen der Mittelgebirge (Riesengebirge) kommt die Gefahr des Abrutschens des Schnees und die Bildung von Lawinen hinzu. Die jungen Pflanzen werden vom Schnee ausgezogen und erfordern besondere Sicherheitsmaßregeln. Noch mehr ist dies bei Anpflanzungen in der Lawinenbahn der Fall. Der Plenterwald ist in diesen Lagen die allein anwendbare Betriebsart.

Die hohen und lange anhaltenden Schneelagen üben am geneigten Terrain einen Druck auf die Pflanzen aus, sodaß sie sich unten krümmen (fast alle Holzarten) oder die Legform annehmen (Föhren, Bergföhren, Fichten, Lärchen, Alpenerlen).

4. Inwieweit der Neigungsgrad auf die Holzproduktion einwirkt, ist nicht genügend erforscht und bei dem Zusammenwirken mehrerer Faktoren schwer nachzuweisen. Was die Bestockung der steilen Hänge betrifft, so sind bei 40, selbst 50° Neigung noch regelmäßige Bestände vorhanden; lichte Bestockung ist bei 80 und mehr Graden noch zu treffen, sobald die Niederschlagsmengen die Vegetation an solchen steilen Hängen ermöglichen (Kreidekalk am Vierwaldstättersee und anderwärts).

Die Steilheit der Hänge ist auch auf alle sonstigen Arbeiten im Walde von großem Einfluß; diese hängen teils direkt, teils indirekt mit der waldbaulichen Tätigkeit zusammen.

Die Zugänglichkeit ist durch Felswände und Schluchten erschwert, das Auszeichnen der zu nutzenden Bäume, Fällung und Transport des Holzes sind mühsamer, gefährlicher und teurer. Beim Fällen und Stürzen des Holzes über die Felswände werden die Stämme beschädigt, manche fallen in Schluchten und Felsspalten und gehen verloren.

Die bei der fortschreitenden Verwitterung sich loslösenden Gesteins- und Geröllmassen überdecken das unten liegende Gelände und vernichten oft Jahrzehnte lang immer wieder den sich einstellenden Jungwuchs. Bewundernswert ist die Zähigkeit und die Ausdauer des Gebirgsforstwirts, der sich durch all diese Unbilden nicht abschrecken läßt, sondern stets wieder von neuem seine Kräfte einsetzt und schließlich — freilich oft nach vielen Jahrzehnten — das Ziel erreicht.

§ 75. Die Temperatur des Bodens bei verschiedenem Neigungsgrad.

1. Mit dem Neigungsgrade ändert sich je nach der Exposition die Temperatur des Bodens. Wollny hat zuerst (1878—84) Beobachtungen über diese Verhältnisse angestellt[1]).

Er faßt die Ergebnisse dahin zusammen, daß der Südhang am wärmsten ist, daß dann Ost- und Westseite folgen und daß der Nordhang die niedrigste Temperatur hat. Die Südhänge sind um so wärmer, die Nordhänge um so kälter, je größer die Neigung des Terrains gegen den Horizont ist. Die Temperaturunterschiede zwischen Nord- und Südseiten sind bedeutend größer, als die zwischen Ost- und Westseiten.

Die Temperaturunterschiede, je nach dem Neigungsgrade, betragen 0,5, meistens 1—2°; bei bebautem Boden steigen sie bis 2,5°.

2. Im Versuchsgarten Adlisberg habe ich 1893 und 1894 an den dort errichteten Erddämmen Beobachtungen der Bodentemperatur bei 0°, 10°, 20°, 30°, 40° Neigung vorgenommen[2]). Die Ergebnisse stimmen mit denjenigen Wollnys überein.

An den nach Süden exponierten Beeten nimmt im Durchschnitt der Monate April bis Oktober die Temperatur der obersten Bodenschicht im allgemeinen mit dem Neigungsgrade zu.

		1893	1894
Eben		17,8	16,2
Süd	10°	17,9	15,4
„	20°	18,0	15,4
„	30°	19.0	17,1
„	40°	19,7	16,3

Jedoch ist nur 1893 die Reihenfolge regelmäßig, 1894 kommen mehrfache Abweichungen vor.

Die Differenz zwischen den verschieden stark geneigten Flächen beträgt 1—2°.

An den nördlich gelegenen Beeten nimmt die Temperatur im allgemeinen mit dem Neigungsgrade ab.

		1893	1894
Eben		17,8	16,2
Nord	10°	16,5	14,8
„	20°	15,9	14,5
„	30°	15,1	13,2
„	40°	14,7	13,5

Die Differenz zwischen den verschiedenen nach Norden geneigten Beeten steigt bis zu 3°.

Zwischen den nach Osten und Westen im Winkel von 20 und 40° geneigten Beeten ist der Unterschied gering, er erreicht vielfach nicht einmal 0,5°.

---

[1]) Forschungen etc. 9, 1; 10, 1. 345.

[2]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 4, 304.

Von diesen Durchschnittswerten weichen auch an Tagen mit sehr hoher Temperatur (23. Juli 1894, 24. August 1894) die einzelnen Zahlen nur sehr wenig ab.

Dagegen können die Unterschiede in den Frühlingsmonaten beim niederen Stande der Sonne auf 7—8° steigen.

Die Reihenfolge der Neigungsgrade nach der Temperatur bleibt dagegen dieselbe, wie im Juli.

3. Wollny macht ferner Mitteilungen über den Einfluß der Neigung auf das Schmelzen des Schnees; der Neigungsgrad verzögert dieses um 10 und mehr Tage.

	Schneefall vom:				
	15. Nov. 1879	22., 23. Febr. 1879	Febr. 1880	31. Jan. 1881	10. Jan. 1879
Der Schnee verging: bei 48°	am 21. Nov.	3. März	1. Febr.	—	12. Jan.
32°	„ 23. „	3. „	3. „	30°: 3. Febr.	16. „
16°	„ 25. „	5. „	9. „	20°: 7. „	23. „
0°	„ 25. „	7. „	11. „	10°: 9. „	25. „

Diese Beobachtungen lassen sich leicht im großen anstellen: an Rainen und steileren Stellen eines Hanges sieht man alljährlich den Schnee zuerst schmelzen. Zu solchen Beobachtungen eignen sich besonders die frühen und späten Schneefälle, denen ein rasches Schmelzen folgt. Einwirkungen des Windes sind dann meistens ausgeschlossen. Mit dem Stande der Sonne und dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen ändern sich die Schmelzzeiten, jedoch in geringem Grade.

§ 76. Der Wassergehalt des Bodens bei verschiedenen Neigungsgraden.

1. Die Bodenfeuchtigkeit ändert sich mit dem Neigungsgrade. An steilen Hängen wird mehr Wasser oberflächlich abfließen, als an weniger steilen; sodann wird die Feuchtigkeit unten infolge des Herabsinkens des Wassers größer sein als oben. Die Ebene wird eine gleichmäßigere Verteilung des Wassers aufweisen, als der Hang. Auch die mit der Neigung sich ändernde Bodentemperatur wird die Feuchtigkeit beeinflussen. Hierüber hat Wollny[1]) in Holzkasten von 1 m² Fläche Untersuchungen angestellt. Er fand: das ebene Land feuchter, als das abhängige; die Verteilung der Bodenfeuchtigkeit im ebenen Lande gleichmäßiger, als im geneigten; den Wassergehalt nach unten steigend, um so mehr, je stärker geneigt die Fläche ist; die nördliche Seite ist am feuchtesten, dann folgt die West-, die Ost-, die Südseite. Der Unterschied im Wassergehalt, diesen in Gewichtsprozenten ausgedrückt, beträgt 0,5—2,0, auch 2,5 %.

2. Über die Verdunstungsmenge pro 1000 qcm in Gramm teilt Eser einige Zahlen mit. Diese betrug an der Südexposition vom 20. Aug.

[1]) Forschungen etc. 9, 3; 10, 3.

bis 4. November 1883 bei 0° 3818 (100), bei 10° 4235 (111), bei 20° 4694 (123), bei 30° 5091 (133). Bei brachem Land beträgt der Unterschied 1,94, bei bebautem 2,53 %.

§ 77. IV. Die Gestaltung des Geländes.

1. Manche Unterschiede nach Meereshöhe, Exposition und Neigung treten im Mittel- und Hochgebirge in so auffallender Weise hervor, daß ihre Bedeutung auch dem oberflächlichen Beobachter sich aufdrängt.

Von weiteren, weniger scharf ausgeprägten Änderungen der Vegetationsfaktoren muß noch kurz die Rede sein.

Sodann wird sich ergeben, daß auch im leicht hügeligen und fast ebenen Landstriche die Gestaltung des Geländes von nicht unerheblichem Einflusse auf die Vegetation ist.

2. Am augenfälligsten ist der Einfluß benachbarter Berge auf gewisse Örtlichkeiten.

Durch die Berge wird der Zutritt der Sonnenstrahlen manchmal mehrere Stunden des Tages abgehalten. Oben ist auf den geringen Sonnenschein von dem im engen Tale liegenden Wildbad hingewiesen worden. In Chur sieht man zur Zeit des niederen Standes die Sonne wochenlang überhaupt nicht. In Davos und Arosa „verkürzen die hohen Bergwände die täglich sichtbare Sonnenbahn bedeutend“[1]). In Montreux-Clarens wird die jährliche Sonnenscheindauer durch die Berge um 650 Stunden vermindert[2]).

Andererseits schützen Bergzüge gegen bestimmte Winde. Die günstige Temperatur mancher Kurorte ist nur durch solchen Schutz bedingt.

3. Nicht nur das Meer, sondern auch die größeren Wasserflächen im Innern der Landgebiete beeinflussen die Wärmeverhältnisse der nächsten Umgebung.

So zeigen Beobachtungen in Montreux-Clarens am Genfersee, „daß wie die jährliche Temperaturamplitude so auch die tägliche sehr gering ist unter dem Einflusse der gewaltigen Wassermasse des Sees“[3]).

Namentlich im Herbst und Winter tritt der ausgleichende Einfluß größerer Wasserflächen in die Erscheinung. Ein vorzügliches Beispiel geben die Stationen am Bodensee[4]). Friedrichshafen hat eine Januartemperatur von — 1,5° und eine Oktobertemperatur von 9,1°. Das ebenso hoch über dem Meer gelegene Schaffhausen hat eine Januartemperatur von —2,4° und ein Oktobermittel von nur 8,4°. Das überaus

---

1) Klima der Schweiz. 1, 169.

2) A. a. O. 1, 225.

3) A. a. O. I, 218.

4) Dove und Frankenhäuser. Deutsche Klimatik. Seite 93.

günstige Wachstum aller Holzarten am Bodensee (vgl. § 68, 4 über die Holzarten auf dem Pfänder) ist auf diese höhere Temperatur zurückzuführen (die Niederschläge betragen 11—1300 mm).

Ältere bezw. höhere Bestände üben ebenfalls einigen Einfluß auf die nächste Umgebung aus. Der Schutz gegen Sturm, gegen austrocknende oder ständig wehende Winde läßt sich überall beobachten. Die Wirkung der Beschattung auf Lichtgenuß, Wärme und Feuchtigkeit ist bereits besprochen worden.

4. Engere Täler, Mulden, Einsenkungen, Vertiefungen sind in der Regel wegen des Herabsinkens des Wassers feuchter und wegen des Zusammenschwemmens der feineren Bodenteile und der humosen Erdschichten fruchtbarer. Allein sie sind kälter als die Umgebung und vielfach dem Froste ausgesetzt. Wenn die Frühnebel im Herbste sich einstellen, oder die Schneeschmelze im Frühjahr eintritt, kann der aufmerksame Wirtschafter solche Stellen im Walde leicht auffinden. Es sind oft ganz unscheinbare Einsenkungen im Gelände, welche Veränderungen in der Erwärmung bei Tag und der Ausstrahlung bei Nacht hervorrufen. In der Regel zeigen solche Stellen eine charakteristische Bodenflora; auch stellen sich Sträucher ein, die in der Umgebung fehlen.

5. Exponierte Berge und schmale, steil aufragende Rücken sind in der Regel trocken. Außerdem sind sie der Einwirkung des Windes ausgesetzt. Gleichzeitig macht sich der Einfluß der Exposition geltend.

In klimatischer Beziehung ist daran zu erinnern, daß einzeln stehende Berge geringere Temperaturschwankungen haben. Im Sommer sind sie kühler, im Winter wärmer, als die gleich hoch liegende Ebene.

Als ein sehr sprechendes Beispiel kann die Temperatur von Rigikulm (1787 m) und Bevers im Engadin (1710 m) angeführt werden[1].

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Rigikulm	–4,5	–4,0	–3,4	0,2	3,9	7,5	9,9	9,4	7 5	2,7	–0,8	–3,9	2,0
Bevers	–9,9	–7,4	–4,2	0,7	5,8	9,6	11,8	10,7	7,7	2.4	–3,3	–8,9	1 3
					Mittleres Minimum.								
Rigikulm	–13,0	–9,9	–7,1	–0,9	3,2	7,1	9,5	8,8	4,8	–1,1	–5,8	–11,4	–15.2
Bevers	–24,3	–22,8	–20,6	–12,4	–4,1	1,7	3,3	0,9	–3,5	–10,0	–16,8	–23.4	–26.4
					Mittleres Maximum.								
Rigikulm	4,5	5,2	6,8	9,8	14,1	17,1	19,5	18,5	16,6	11,9	8,2	5,4	20,5
Bevers	3,1	5,0	7,2	11,4	17,8	21,5	24,0	22,9	20,5	15.1	9.1	4,1	25,0

Einen ähnlichen Gang der Temperatur werden auch niedrigere isolierte Berge haben. Der Gang der Temperatur auf dem Brocken (1145 m, 2,6°) ist demjenigen vom Rigi sehr ähnlich.

Mit diesen Verhältnissen hängt die obere Wald- und Schneegrenze, auch die Verbreitung der Holzarten zusammen. Der unregelmäßige Verlauf der Holzartengrenzen, das Auf- und Niedersteigen in das Gebiet

[1]) Klima der Schweiz. 2, 164, 200.

der anstoßenden Holzart (die Buche steigt in das höhere Gebiet der Fichte auf, die Fichte zieht sich einzeln oder streifenweise in das unten liegende Buchengebiet hinab) ist teilweise von der Feuchtigkeit, vielleicht mehr von der Temperatur veranlaßt.

6. Ich füge noch einige Ergebnisse der Beobachtungen beim Versuchsgarten Großholz an, weil diese noch sehr beachtenswerte Unterschiede auf die kurze Entfernung von etwa 200 m ergeben.

Minima morgens.

	April 1909	Mai 1909	Okt. 1908	Nov. 1908.
Bei der Hütte über kahlem Boden im Versuchsgarten	frei: 5,7	frei: 3,1	beschirmt: —1,2	besch.: —3,8
Über Rasen im Garten; nasse Fläche	—	—	—2,5	—4,9
Über Rasen oberhalb des Gartens	4,3	2,1	—5,8	—10,4
Unter 100jährigen Buchen	—	—	—1,5	—3,9
In einer Lücke dieser Buchen	—	—	—1,5	—3,9
In der Mulde, 30 cm tiefer als die vorigen	5,0	2,0	—3,4	—6,8

An der Mulde ist die Temperatur in der Regel 1°, an einzelnen Tagen bis zu 2° tiefer, als im Garten. Über dem Rasen herrscht ebenfalls eine erheblich tiefere Temperatur, als über kahlem Boden.

§ 78. Praktische Schlußfolgerungen.

1. Theoretisch uud experimentell lassen sich die einzelnen Vegetationsfaktoren, die mit der Lage als solcher sich ändern, trennen und gesondert untersuchen. Diese Untersuchung hat hauptsächlich den Zweck, die natürlichen Erscheinungen zu erklären. Inwieweit ist eine tatsächliche Verschiedenheit des Wachstums oder der Bestockung auf den Einfluß der Lage zurückzuführen? Beim Versuche kann der Einfluß des Klimas und des Bodens ausgeschaltet und derjenige der Lage rein zur Darstellung gebracht werden. Die Untersuchungen haben ergeben, daß unter sonst gleichen Verhältnissen je nach der Höhenlage, Exposition und Neigung die Temperatur und der Wassergehalt des Bodens verschieden sind.

Diese Tatsache ist längst bekannt. Der Wert der genauen Untersuchung besteht darin, daß die Verschiedenheit genau beziffert werden kann. Wenn die Temperatur am Südhange um 6—7° höher, als am Nordhange ist, so hat diese Erhöhung der Temperatur je nach den klimatischen Verhältnissen einer Gegend ganz verschiedene Bedeutung. Bei 5° Jahrestemperatur wird eine günstige Wirkung auf das Wachstum zu erwarten sein; bei 10—12° wird die Erhöhung der Temperatur die Pflanzen zum Verdorren bringen. Wo an den West- und Südwesthängen hohe Niederschläge erfolgen, wird die Steigerung der Temperatur vorteilhaft, wo die Niederschläge gering sind, nachteilig wirken.

2. Diese Bedingungen des Versuches treffen auch im großen zu. An einer langen Berghalde hin ändert sich durch einen Seitenbach oder eine Schlucht die Exposition des Haupthanges, indem an der Schlucht zwei Nebenexpositionen entstehen. Das Klima bleibt gleich und auch der Boden kann derselbe sein.

An einzelnen Bergen herrscht von unten bis oben 1000—2000 m hoch dieselbe geologische Formation und dieselbe Exposition. In diesem Falle kommt der Einfluß der Höhenlage als solcher zur Geltung, wenn wir von der Verschiedenheit des bei der Verwitterung entstandenen Bodens absehen.

Ob die Verschiedenheit der Lage auf das Vorkommen gewisser Holzarten von Einfluß ist, kann nur da beobachtet werden, wo der Wald noch seinen natürlichen Standort bewahrt, also noch keine Eingriffe des Menschen erlitten hat. Dies ist in der Hauptsache nur im Gebirge, vielleicht nur im Hochgebirge, der Fall. Im Hochgebirge scheiden sich die Regionen verschiedener Holzarten deutlich aus. Ebenso bringt die Exposition, in geringerem Grade die Neigung eine Änderung in der Bestockung hervor: am Südhange tritt im Fichtenwalde die Föhre in Mischung oder rein auf usw. Praktisch wird Höhenlage, Exposition und Neigung stets zu berücksichtigen sein. In welcher Richtung die Vegetationsbedingungen verändert werden, ist festgestellt. Ebenso ist das Maß der Einwirkung auf Temperatur, Feuchtigkeit etc. erforscht. Die Tragweite dieser Einwirkung im einzelnen Falle muß stets nach den örtlichen klimatischen Verhältnissen beurteilt werden.

Als fast allgemein gültig kann der Satz ausgesprochen werden, daß die Föhre (*Pinus silv.*) an den trockenen Südhängen bestandesbildend auftrete. Dagegen schreibt Brunies[1]), daß sie im Ofengebiet (Unterengadin) an den Schattseiten zahlreicher, als auf der Südseite sei.

Neben den klimatischen Verhältnissen kommen die Bodenverhältnisse in Betracht. Auf tiefgründigem, frischem Lehmboden tritt der Einfluß der Exposition viel weniger hervor, als auf flachgründigem oder steinigem Kalk- oder durchlassendem Sandboden.

C. Der Boden.

§ 79. Allgemeines.

1. Aus den Felsmassen der Gebirge entstehen durch die fortschreitende Verwitterung größere und kleinere Gesteinsstücke, welche als solche lange Zeit sich erhalten, zum Teil aber in gröberen und feineren Grus und die Feinerde zerfallen. Wo die Felslage eben oder nur schwach geneigt ist, kann man oft von oben nach unten alle Stufen der Verwitterung beobachten. Ist die Felsschichte geneigt, so wird der verwitterte

[1]) Jahresber. der naturf. Ges. Graubündens. 48. Bd. 202 f. Die Flora des Ofengebiets.

Teil durch Abrutschen und Abschwemmen weggeführt. Er lagert sich in größeren oder kleineren Vertiefungen, in den Zwischenräumen zwischen den Felsstücken und Gesteinsbröckchen ein oder häuft sich in den Schutthalden am Fuße der Felswände an. In diesen Schutthalden ist grobes und feines Geröll mit der Feinerde in zahllosen Mengeverhältnissen gemischt. Nicht selten liegen noch Felsblöcke von den verschiedensten Dimensionen umher. Da die feineren Teile oben weggewaschen und in die Tiefe geschwemmt sind, überrascht oft die Üppigkeit der Vegetation auf den scheinbar ganz steinigen Hängen der Hoch- und Mittelgebirge.

Nach kurzer Zeit stellen sich auf den Steinen Flechten, Moose usw. ein. Selbst auf dem ganz frisch verwitterten Boden, auf dem Geschiebe der Flüsse, auf Rutschhalden, siedeln sich im Gebirge, vielleicht weniger in Tieflagen, Holzgewächse an, so daß große Schutthalden sich ohne jedes Zutun des Menschen mit einem Waldbestand bekleiden.

2. Zum Wachstum dieser Pflanzen ist außer dem Boden und seinen chemisch gebundenen Nährstoffen Wasser und Luft nötig. Vom Forst- und Landwirt muß nämlich der Boden unter dem Gesichtspunkt des Pflanzenwachstums betrachtet werden. Für die praktische Auffassung ist die mehrfach angefochtene Definition, die Mitscherlich[1] vom Boden gibt, ganz zutreffend. „Boden ist ein Gemenge von pulverförmigen, festen Teilchen mit Wasser und Luft, welches, versehen mit den erforderlichen Pflanzennährstoffen, als Träger einer Vegetation dienen kann“.

3. Die Verwitterung wird eingeleitet durch atmosphärische Einflüsse, die Insolation, und die Temperaturunterschiede, das Gefrieren des in den Kapillaren der Gesteine zirkulierenden Wassers (Frostspalten besonders im Gebirge). Man pflegt diese Vorgänge unter der Bezeichnung physikalische Verwitterung zusammenzufassen. Dazu kommt die chemische Verwitterung, die von den Niederschlägen und der Lufttemperatur abhängig ist. Sauerstoff und Kohlensäure der Niederschläge bedingen hauptsächlich die chemische Energie. Ein Teil der Bestandteile des festen Gesteins wird gelöst, ein anderer bleibt als Rückstand übrig.

Durch die Vegetation wird die organische Verwitterung hervorgerufen, insofern dem Boden und teilweise sogar dem festen Gestein gewisse Pflanzennährstoffe (Kali, Kalk, Phosphorsäure) entzogen werden.

4. Näher kann an diesem Ort auf die Verwitterung nicht eingegangen werden; es muß auf die spezielle Fachliteratur verwiesen werden. Einige für den Wald wichtige Punkte mögen jedoch kurz berührt werden.[2]

---

[1]) Bodenkunde für Land- und Forstwirte. [2]1913. Seite 6. — Ähnlich schon Wahnschaffe, Anleitung zur wiss. Bodenuntersuchung. [2]1913, 3, sowie Fleischer in Ch. A. Vogler: Grundlehren der Kulturtechnik. 1909, I, 1. Seite 4.

[2]) Am ausführlichsten, namentlich mit Rücksicht auf die wichtigsten Gesteine behandelt das ganze Gebiet: Weinschenk, Allgemeine Gesteinskunde als Grundlage der Geologie. [2]1906/07, I. Bd [3]1913, mit zahlreichen Literaturnachweisen. Zu vgl.: Milch, Grundlagen der Bodenkunde. 1899.

Die Verwitterung wird im geschlossenen Walde begünstigt, soweit die Feuchtigkeit in Betracht kommt. Dagegen ist die Insolation fast ausgeschlossen und die Schwankung der Temperatur geringer. Im lichten Plenterwalde ändern sich die Verhältnisse, insbesondere hinsichtlich der Temperatur und der Niederschläge.

Die stärkere Verwitterung im Gebirge zeigt sich nicht nur im guten Wachstum der Holzpflanzen, sondern auch in der geringeren Schädlichkeit der Streunutzung. Durch die reiche Verwitterung und die hohen Niederschläge werden die entzogenen Nährstoffe ersetzt.

5. Die Verwitterungsprodukte (Felsstücke, kleine und größere Steine, Grus und Feinerde) werden oft vom Wasser fortgeführt und an weit entfernten Stellen abgelagert. (Sediment-, Diluvial-, Alluvialbildungen.) Diese Ablagerungen und damit der aus ihnen hervorgehende Boden wechseln sehr rasch nach ihrer Zusammensetzung (Kies, Sand, Ton, Lehm) und insbesondere nach ihrer Mächtigkeit. Dadurch entstehen Verschiedenheiten in der Tiefgründigkeit und Feuchtigkeit des Bodens. Im Wachstum der Bestände, dem Wechsel der Holzarten, der Bodenflora und Bodendecke treten jene Wirkungen oft sehr deutlich zu Tage. Der rasche Wechsel der Bonitäten in gewissen geologischen Formationen steht hiemit im Zusammenhange.

Steinbrüche, Kies-, Lehm-, Tongruben, Einschnitte, Wege und Gräben, Rutschflächen, Stocklöcher, bieten Gelegenheit zum genaueren Studium der Bodenverhältnisse, die oft genug nur nach den oberflächlichen Zuständen beurteilt werden.

6. Verschiedene Schriftsteller, sehr entschieden u. a. Mitscherlich und Aereboe wollen die Bodenkunde immer mehr von der Geologie loslösen, weil für den Anbau der Kulturpflanzen die geologische Entstehung des Bodens ganz gleichgültig sei. Dies ist an sich wohl richtig. Allein die Angabe der geologischen Formation vermittelt doch schon ganz bestimmte Vorstellungen über die Eigenschaften des Bodens und insbesondere die Lagerungsverhältnisse der Schichten. Ob ein Sandboden aus Granit oder Buntsand, den sandigen Schichten des Keupers, aus dem Sandstein des braunen Jura, des Tertiärs entstanden ist, oder ob er dem Diluvium oder Alluvium angehört, ist nicht unwesentlich. Die Angabe der Formation erleichtert die Beurteilung und namentlich die Vergleichung verschiedener Sandarten mehr, als die einfache Beschreibung des Sandes nach der Fein- oder Grobkörnigkeit usw. Die geologische Schichtung läßt zugleich auch schon auf die Wasserführung einen Schluß zu. Andererseits kann der Ausdruck: diluvialer Sand allerdings die verschiedensten Sandarten umfassen. Für Urgebirge und die Sedimentgesteine ist die Angabe der geologischen Schichte fördernder, als für Diluvialablagerungen.

7. Für die Bodenkultur kommt das Verhältnis des Bodens zu den Pflanzen, die Fruchtbarkeit, hauptsächlich in Betracht. Auf die Fruchtbarkeit sind die chemischen und die physikalischen Eigenschaften des Bodens von Einfluß. Es sind daher zu besprechen:

a) Die chemische Zusammensetzung des Bodens;
b) der Humusgehalt;
c) der Wassergehalt;
d) die Bodentemperatur;
e) die Struktur des Bodens;
f) die Mächtigkeit der Bodenschicht;
g) die Biologie des Bodens.

8. Die folgenden Ausführungen werden die praktischen Gesichtspunkte der Bodenkunde zu betonen haben, also mehr eine angewandte Bodenkunde darstellen. Die Hauptwerke über theoretische Bodenkunde sind folgende:

Bodenkunde von Ramann, [3] 1911; 619 Seiten, das weitaus beste Werk über den Gegenstand, das jedem Forstmann unentbehrlich ist. Leider ist Ramanns „angewandte Bodenkunde", die er im Vorwort zur 3. Auflage in Aussicht stellt, noch nicht erschienen.

Die bereits erwähnte Bodenkunde von Mitscherlich muß neben derjenigen von Ramann als besonders brauchbar genannt werden, weil sie dem „theoretischen" Teil (S. 1—216) einen „praktischen" Teil (S. 217 bis 302) folgen läßt. An Umfang steht sie mit 317 Seiten dem Buche von Ramann bedeutend nach.

Eine gute Darstellung desselben Stoffes bei: Henry, Les Sols forestiers 1908.

Eine kurze Darstellung mit zahlreichen Literaturangaben erschien von Helbig im Handbuch der Forstwissenschaft ([3] 1913). Sehr brauchbar ist die Praktische Bodenkunde von Nowacki. ([4] 1904).

Vorherrschend vom agrikulturchemischen Standpunkte aus behandelt Adolf Mayer die Bodenkunde in seinem Lehrbuch für Agrikulturchemie. 2. Teil. 1. Abt. ([4] 1895). (5. Auflage im Erscheinen).

Den biologischen Teil der Bodenkunde bespricht ausführlich Löhnis, Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie 1910 und Vorlesungen über landwirtschaftliche Bakteriologie 1913.

Kürzer gehalten ist: Kossowicz, Bodenbakteriologie 1912 mit ausführlichem, 26 Seiten umfassenden Literaturnachweis.

Sehr wichtig ist sodann: Wollny: Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen, 1897. Vorausgegangen ist diesem Werke eine Schrift von Müller in Kopenhagen: Studien über die natürlichen Humusformen, 1887. Eine gute Zusammenfassung des ganzen Stoffes enthält: Heinrich, Grundlagen zur Beurteilung der Ackerkrume, 1882.

Sehr gute praktische Beobachtungen finden wir in Grebes Bodenkunde ([4] 1883), die theoretisch allerdings überholt ist.

Vorherrschend vom technischen Gesichtspunkte aus bearbeitet ist die Bodenkunde von Fleischer in Ch. A. Voglers Grundlehren der Kulturtechnik. I. Band, I. Teil. [4] 1909.

Fast sämtliche landwirtschaftliche Zeitschriften räumen der Bodenkunde einen breiten Raum ein. Besonders zu nennen sind die Landwirtschaftlichen Jahrbücher, das Journal für Landwirtschaft, Fühlings landwirtschaftliche Zeitschrift, die landwirtschaftlichen Versuchsstationen; zahlreiche Hefte der „Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft". Die physikalischen Eigenschaften des Bodens sind insbesondere von Wollny und seinen Mitarbeitern untersucht worden (Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. 20 Bände; letzter Band 1897/98. Der neuesten Zeit gehört an die Internationale Zeitschrift für Bodenkunde. Band I, 1912.

Von den forstlichen Zeitschriften schenken der Bodenkunde besondere Beachtung: Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen (Schütze, Ramann, Albert), Tharandter Jahrbuch (Vater), Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft, herausgegeben von v. Tubeuf. Eine übersichtliche Zusammenstellung der Arbeiten aller Länder der Erde bringt Biedermanns Zentralblatt für Agrikulturchemie (42 Jahrgänge bis 1913).

Für Bodenbonitierung enthält wertvolle Erfahrungen (allerdings überwiegend aus Norddeutschland) Aereboe, Die Taxation von Landgütern und Grundstücken, 1912.

Weitere Literaturangaben unten bei den einzelnen Kapiteln.

I. Die mineralische Zusammensetzung des Bodens.

§ 80. Die mineralischen Nährstoffe im Boden und die chemische Bodenanalyse.

1. Die Bedeutung der im Boden vorhandenen mineralischen Pflanzennährstoffe zu erörtern ist Aufgabe der Agrikulturchemie und Pflanzenphysiologie. An diesem Orte handelt es sich darum, die Besonderheiten des Waldbodens und die waldbaulich wichtigen Gesichtspunkte hervorzuheben.

Man pflegt den Kulturboden, wie er durch die kürzer oder länger dauernde Einwirkung des Menschen entstanden ist, vom Wildboden zu unterscheiden, der aus dem Prozeß der Verwitterung hervorgegangen und noch nicht bestockt, jedenfalls noch nicht durch die Bearbeitung verändert ist. Zwischen beiden steht der Waldboden. Er unterliegt in der Hauptsache keiner eigentlichen Kultivierung durch Bearbeitung und Düngung, sondern bleibt in der ursprünglichen Lagerung, wo nicht etwa durch Stockrodung, Grabenaufwurf, Wegbau, Rutschun-

gen, Stein- und Lehmgruben, Bäche oder Waldfeldbau und Bearbeitung für Saat und Pflanzung, auch für natürliche Verjüngung eine Veränderung eintritt. Vom Wildboden unterscheidet er sich durch aufgelagerte Abfälle von Laub und Nadeln, durch die Humusschicht und durch die Beschattung.

Dieser Unterschied zwischen Kultur-, Wild- und Waldboden wird im Anteil der leicht und schwer löslichen Bestandteile, überhaupt bei der chemischen Analyse des Bodens hervortreten.

2. Die chemischen Analysen werden vorherrschend für Kulturboden, insbesondere Ackerboden, auch Wiesen- und Weinbergboden, seltener für Weideboden angestellt. Solche Analysen sind heute in großer Zahl vorhanden[1]). Die Kulturbodenarten fast aller Länder sind nach ihrer chemischen Zusammensetzung erforscht. Von den meisten Gesteinsarten stehen uns ebenfalls Analysen zu Gebot. Manche Gesteine sind auch in den verschiedenen Stadien der Verwitterung untersucht worden. Dagegen haben wir nur wenige Analysen von Waldböden.

Wenn wir aber vom Humusgehalt des Waldbodens absehen, so wird das Resultat der Analyse von festem Gestein und Verwitterungsboden ohne große Fehler auf den Waldboden übertragen werden können und mangels anderweitiger Waldbodenanalysen übertragen werden müssen.

Der Einwurf, daß der Wald den schlechteren Boden einnehme, mag manchmal seine Berechtigung haben. Diese schlechtere Qualität des Waldbodens bezieht sich aber meistens nicht auf die chemische Zusammensetzung, sondern auf Steilheit, Steinigkeit, Wassergehalt, Bearbeitbarkeit, Grad der Verwitterung etc. Es wird kaum eine geologische Schichte, oder eine typische Bodenart geben, die nur für den Waldbau, nicht auch für den Ackerbau tauglich wäre. Selbst im Buntsandsteingebiet, das wohl von allen Formationen am meisten bewaldet ist (bis zu 80 und 90 %) finden sich kleine Lichtungen, die dem Ackerbau dienen. Wir werden also in den folgenden Ausführungen vielfach die Analysen von Wild- und Kulturboden heranziehen, allerdings bei deren Verwertung die nötige Vorsicht walten lassen müssen.

3. Was sagen uns nun die chemischen Analysen von Steinen und Verwitterungsböden? Sie weisen uns die Zusammensetzung des festen Steines und diejenige des Verwitterungsbodens nach, der aus demselben Steine hervorgegangen ist. Aus der Vergleichung beider Analysen ergeben sich die Veränderungen des Bodens durch die Verwitterung, der Nachweis der ausgewaschenen und fortgeführten, sowie der zurückgebliebenen Bestandteile. In den umherliegenden Gesteinsstücken schreitet die Verwitterung ununterbrochen fort, der

[1]) Einige zusammengestellt bei Ramann, Bodenkunde [3]273.

ältere Verwitterungsboden erhält dadurch immer wieder neuen Zuschuß an Pflanzennährstoffen. Solche Gesteinsbrocken bedecken regelmäßig den Waldboden; die Analyse dieser Gesteinstrümmer ist daher gerade für den Waldbau von besonderer Bedeutung. Die Analyse des Verwitterungsbodens muß durch die Analyse des festen Gesteins ergänzt werden, wenn wir vom Waldboden ein zutreffendes Bild, d. h. den Nachweis des auf die Dauer vorhandenen Vorrats an Nährstoffen erhalten wollen. Ein Waldbestand steht 100—200, selbst 300 Jahre auf derselben Stelle; im Kulturboden wird fast jedes Jahr eine andere Kulturpflanze angebaut.

Ja, wenn wir den Wald als Ganzes nehmen, so hat er sich in den alten Kulturländern jedenfalls 3000 Jahre ohne jede Einwirkung des Menschen auf derselben Stelle erhalten.

Die Methoden der Bodenanalyse sind immer mehr verfeinert worden; eine Übereinstimmung der verschiedenen Forscher ist allerdings nicht in allen Punkten erzielt worden[1]).

Die chemische Analyse weist nun allerdings den Mineralstoffgehalt des Bodens nach. Welche Nährstoffe aber in schwer löslichem oder leicht löslichem Zustande überhaupt vorhanden, insbesondere welche Mengen derselben in leicht löslichem Zustande vorhanden sind, vermag uns die Analyse heute noch nicht mit Sicherheit zu sagen[2]). Für die Pflanzen kommen aber im allgemeinen nur die leicht löslichen Nährstoffe in Betracht.

Die praktische Aufgabe im Walde geht daher dahin, die Agentien der Verwitterung, Luftzutritt, Einwirkung von Humus und Kohlensäure, Wassergehalt möglichst günstig zu gestalten. Insbesondere ist die Bildung der energisch wirkenden Kohlensäure von Wichtigkeit.

Die Löslichkeit der Nährstoffe und ihre Aufnehmbarkeit durch die Wurzeln ist noch nicht einmal für die landwirtschaftlichen Pflanzen bekannt, obgleich die Forschung seit Jahrzehnten fast ausschließlich sich auf die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen bezogen hat. Es kann daher nicht auffallen, daß für die Waldbäume unsere Kenntnisse noch durchaus unzureichend sind.

4. Da wir selbst auf ganz nährstoffarmen Böden noch Waldbäume zu erziehen vermögen und auf dem doch ziemlich armen Buntsandsteinboden z. B. die berühmten Bestände von Eichen und Buchen im Spessart, von Fichten, Tannen, Föhren im Schwarzwald, im Pfälzer- und Thü-

---

[1]) Vgl. die agrikulturchemischen Werke und Zeitschriften. Sodann R. Gans, Die Bedeutung der Nährstoffanalyse in agronom. und geognost. Hinsicht. Jahrb. der preuß. geol. Landesanstalt. Bd. 23. Heft 1.

[2]) Gans a. a. O. S. 2. 3. Mitscherlich. [2] 169. Ramann. [3] 274. Helbig. Seite 225. Speziell über Moorboden Ramann. [3] 272. König, Die Untersuchung landw. u. gewerbl. wichtiger Stoffe. [3] 72.

ringerwald, in den Vogesen erwachsen, so geht daraus hervor, daß auch in diesen armen Böden die Waldbäume genügenden Vorrat an Nährstoffen, insbesondere an Stickstoff, Kali, Phosphorsäure und Kalk finden, bezw. dem Boden zu entnehmen vermögen.

Rudolf Weber[1]) hat Untersuchungen über den Boden des Spessart und des Pfälzerwaldes, E. Wolff[2]) über den Buntsandsteinboden des Schwarzwaldes ausgeführt.

Der Schwarzwaldboden hat einen absolut niedrigen Gehalt an Kalk (0,09 %) und Magnesia (0,06), auch wenig Phosphorsäure (0,02); „er vermag nur geringe natürliche Fruchtbarkeit zu entwickeln". Ein wesentliches Merkmal des Spessartbodens (wie der Buntsandsteinböden vom Eichsfeld und von Franken) ist nach Weber die Kalkarmut (0,007 bis 0,009 %). „Es ergibt sich ganz deutlich, daß die Vorräte an leicht aufnehmbarem Kalk in diesen Bodenarten nur auf sehr kurze Zeiträume den Bedarf der Waldwirtschaft zu decken vermöchten, wenn nicht durch die tiefergehenden Wurzeln fortwährend aus den Schichten des Untergrunds neue Quantitäten emporgeholt würden, welche in Form von Laubstreu den oberen Bodenlagen zugute kommen". Nach Webers Berechnung wären Kali, Magnesia, Phosphorsäure auf 3—600 Jahre, Kalk nicht einmal für 100 Jahre ausreichend.

Untersuchungen im norddeutschen Dünensandgebiete sind früher von Schütze, in neuerer Zeit namentlich von Albert[3]), sodann von Vogel von Falkenstein[4]) u. a. vorgenommen worden. Übereinstimmend wird der geringe Gehalt dieser Sandböden an Mineralstoffen überhaupt und insbesondere wieder an Kalk (meist rund 0,02 %) hervorgehoben.

Die Ergebnisse eingehender Untersuchungen faßt Vater[5]) dahin zusammen, daß „Phosphorsäure, Kali und Kalk in wechselnder Weise zum Gedeihen zulangen. Der Sticksfoff „dürfte sich meistens im Mindestmaß vorfinden". Zu demselben Resultat ist Vogel von Falkenstein gekommen.

Ramann[6]) bringt die Fruchtbarkeit eines Bodens ebenfalls mit dem Mineralstoffgehalt in Zusammenhang, weist aber auf die Schwierigkeit genauen Nachweises und die Mitwirkung anderer Faktoren hin.

Von besonderem Interesse ist das Ergebnis der Untersuchungen von Falkenstein, daß ein Überfluß von Mineralstoffen wohl ein nicht

---

[1]) Untersuchungen über die agronom. Statik des Waldbaus. 1877.

[2]) Mitteilungen aus Hohenheim 1887. Seite 20 ff. und Jahreshefte des Vereins für vaterl. Naturkunde 1867. 1. Heft.

[3]) In zahlreichen Jahrgängen der Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen mitgeteilt.

[4]) Internat. Mitteil. für Bodenkunde Bd. 1, Heft 6. (1912).

[5]) Thar. Jahrb. 59, 260 (1909).

[6]) Bodenkunde. [3]272.

zu unterschätzender Vorzug eines Kiefernbodens sein möge, daß er aber Bedingung für die Fruchtbarkeit sicher nicht sei. Diese sei allein von den Stickstoff- und Humusmengen abhängig. Es wird abzuwarten sein, ob dieser Satz durch weitere Untersuchungen bestätigt wird. Mit den Erfahrungen der Praxis steht er nicht im Widerspruch. Auch bei Düngungsversuchen im Walde tritt die hohe Bedeutung des Stickstoffs schlagend hervor.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß diese Ausführungen der chemischen Fachmänner bestimmend für die Auffassung der Bodenfruchtbarkeit und ihrer Abhängigkeit vom Mineralgehalt sein müssen. Bei der Frage der Bonitätsklassen wird hierauf zurückzukommen sein. Bezüglich des absoluten Gehalts des Bodens an Nährstoffen muß auf die chemische und landwirtschaftliche Fachliteratur verwiesen werden[1]). Analysen von Waldböden sind hauptsächlich in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, im Tharandter Jahrbuch und in der Naturwissenschaftlichen Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft enthalten. Eine Verarbeitung der zahlreichen Bodenanalysen bleibt dringend zu wünschen.

§ 81. Das Ergebnis von Kulturversuchen mit jungen Pflanzen.

1. An die oben mitgeteilten Ergebnisse der chemischen Untersuchung mögen sich die Resultate von Kulturversuchen anschließen, die ich im Versuchsgarten bei Zürich ausgeführt habe. Henne[2]) und Badoux[3]) haben über diese berichtet. Die chemischen Analysen der betreffenden Bodenarten hat Henze[4]) auf Grund einer Mitteilung von Engler veröffentlicht. In der folgenden Übersicht sind die Bodenarten mit Ordnungsnummern versehen, die den Vergleich des Wachstums und der chemischen Zusammensetzung des Bodens erleichtern.

Auf 8 verschiedenen Bodenarten, die in den Versuchsgarten verbracht worden waren, wurden 6 Nadel- und 6 Laubhölzer, zusammen 12 Holzarten, 1jährig verpflanzt. Im 6jährigen Alter wurden die Pflanzen nach Höhe und Gewicht untersucht. Die absoluten Zahlen hat Badoux mitgeteilt. Die in Spalte 20 und 21 seiner Tabelle IV (S. 184, 185) eingetragenen Werte sind unter sich wieder mit Ordnungsnummern versehen worden.

---

[1]) Eine ausführliche Anleitung zu wissenschaftlichen Bodenuntersuchungen gibt König a. a. O. Seite 1—117. M. Fesca, Die agronom. Bodenuntersuchung. 1879. Nowacki, a. a. O. Seite 86—111. Wahnschaffe und Schucht, Anleitung zur wiss. Bodenuntersuchung. [3]1914. Heine E., Die praktische Bodenuntersuchung (mit bes. Rücksicht auf Norddeutschld.) 1911.

[2]) Mitteil. der Schweiz. V. A. 2,1.

[3]) 4,175.

[4]) Über Bonitäten und Bonitätenbildung. 1902. Seite 79.

Tabelle 40.

Bodenart	Ordnungsnummern nach dem Gehalt an Phosphorsäure 1	Stickstoff 2	Kali 3	Kalk 4	Magnesia 5	allen 5 Nährstoffen 6	nach dem Gewicht der Pflanzen im ganzen 7	Nadelhölzer 8	Laubhölzer 9
1. Sand	7	8	6	2	1	5	5	7	3
2. Kreidekalk	1	2	2	3	5	1	3	3	2
3 Verrucano	6	7	7	8	8	8	6	5	5
4. Flysch	8	5	5	1	7	7	8	8	7
5. Gneis	2	4	1	7	3	2	2	1	4
6. Bündnerschiefer	3	6	8	4	4	6	7	6	8
7. Jurakalk	5	3	3	5	6	4	4	4	6
8 Lehmiger Ton	4	1	4	6	2	3	1	2	1
Der proz. Gehalt schwankt v.	0,246	0,266	0,140	21,166	4,585				
bis	0,034	0,070	0,027	0,647	0,379				

Bei Durchsicht der Spalten 6 und 7 tritt der Zusammenhang zwischen Wachstum und dem Gehalt an Nährstoffen überhaupt deutlich in die Erscheinung. Die nährstoffreichsten Bodenarten: 1. Kreidekalk, 2. Gneis, 3. lehmiger Ton haben die höchste Produktion (Ordnungszahlen 3, 2, 1), die nährstoffärmsten: 6. Bündnerschiefer, 7. Flysch, 8. Verrucano die niedrigste Produktion (O.-N. 7, 8, 6), 4. Jurakalk und 5. Sand (O.-N. 4, 5) reihen sich ganz ihrem Nährstoffgehalt entsprechend ein.

2. Die Pflanzen waren bei der Untersuchung 6jährig; aber schon bei der Untersuchung der 3jährigen Pflanzen war die Reihenfolge fast ganz dieselbe gewesen. Die Bodenschichte, in der sie erwuchsen, war 30 cm tief; die Wurzeln einiger 6jähriger Pflanzen mögen den Untergrund erreicht haben. Meereshöhe, Lage und Klima waren für alle Pflanzen gleich. Das Wachstum darf daher als eine Wirkung der Bodenart, mit ihren chemischen Eigenschaften angesehen werden, neben denen aber auch die physikalischen Eigenschaften, die sich von den chemischen nie ganz trennen lassen, wirksam waren. Selbst mit einzelnen Nährstoffen scheint ein Zusammenhang zu bestehen; so folgen die Ordnungsnummern für Phosphorsäure, Stickstoff und Kali (mit Ausnahme des Bündnerschiefers) so ziemlich den Ordnungsnummern für die Produktion.

Die sämtlichen Bodenarten waren vom frisch verwitterten Boden in Steinbrüchen genommen worden; sie enthielten also gar keinen Humus, könnten vielmehr als Rohbodenarten (Wildboden) bezeichnet werden. Auch der lehmige Ton, der den Gartenboden bildet, hatte nur verschwindend geringe Humusbeimischung.

Hervorgehoben muß noch werden, daß bei denselben Holzarten die Produktion um das 2-, 5-, selbst 8- und 10fache, je nach der Bodenart abweicht, während die Nährstoffe mit Ausnahme des Kalkes nur um

etwa den 2fachen Betrag auseinandergehen. Eine geringe Steigerung der Nährstoffe erhöht also die Produktion in bedeutendem Grade. Diese Beobachtung ist nicht unwichtig, weil die Nährstoffgehalte der einzelnen Böden oft nur unbedeutend voneinander abweichen. Eine geringe Änderung des Gehalts an mineralischen Nährstoffen ist schon der Beachtung wert.

§ 82. Der Gehalt des Bodens an mineralischen Nährstoffen und das Wachstum älterer Bestände.

1. Diesen Untersuchungen, die auf die Pflanzen im jugendlichen Alter sich beziehen, werden im folgenden solche aus älteren Beständen gegenübergestellt. Die Bestände selbst sind nach Bonitäten, also den Erträgen abgestuft, so daß die Vergleichung der Produktion und der Produktionsklassen mit dem Nährstoffgehalt möglich ist.

2. Über die chemische Zusammensetzung des Bodens im Sihlwald hat Meister Untersuchungen durch Schulze anstellen lassen[1]). Diese sind deshalb von besonderem Werte, weil sie mit den Bonitäten einer Buchenertragstafel für den Sihlwald verglichen werden können.

In 100 Teilen Feinerde waren enthalten

Bonität für Buche	I	II	III	IV
Kalk	5,190	0,274	0,655	0,406
Magnesia	0,920	0,427	0,287	0,600
Kali	0,050	0,047	0,052	0,045
Phosphorsäure	0,098	0,075	0,040	0,050
Humus	1,73	1,60	1,55	1,34
Stickstoff	—	0,10	0,10	—
Bestandeshöhe m im 100. Jahr	33,5	31,6	29,7	27,8
Holzmasse D+R, Fm.	803	694	618	520

„Einzig der Magnesia-, Phosphorsäure- und Humusgehalt — bemerkt Schulze — zeigen eine gewisse Proportionalität zur Bestandsbonität. Die Differenzen sind allerdings nur durch kleine Bruchteile ausgedrückt. Keiner der übrigen Bestandteile ist in seinem Gehalt nach der Bonität derart kongruent, wie die Phosphorsäure".

3. Diluviale Sandböden bei Eberswalde hat Schütze[2]) untersucht. Da die Ergebnisse nach den Ertragsklassen der Kiefernböden geordnet sind, gewähren auch diese Resultate besonderes wissenschaftliches und praktisches Interesse. Die Vergleichbarkeit der Bodenproben hinsichtlich des Humusgehalts wird allerdings von Vogel von Falkenstein angezweifelt[3]).

---

[1]) Die Stadtwaldungen von Zürich. 1883. Seite 16. [2] 20.

[2]) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1,500; 3,367. Ramann. [3] 273.

[3]) A. a. O. Seite 21.

Nach den Untersuchungen von Schütze enthält der Boden:

Ertragsklasse für Kiefern	Kalk %	Magnesia %	Kali %	Phosphorsäure %	Humus %
I.	1,888	0,048	0,046	0,050	0,892
II. . . .	0,162	0,072	0,063	0,057	0,555
II/III. .	0,122	0,098	0,124	0,046	1,401
III. . .	0,096	0,080	0,039	0,039	1,825
IV. . . .	0,027	0,051	0,024	0,030	1,524
V. . . .	0,043	0,044	0,022	0,024	1,429

Auf Grund dieser Untersuchungen von Schütze (aus den 1870er Jahren) hat man ziemlich allgemein angenommen, daß die Fruchtbarkeit des Waldbodens — man übertrug dieses im Sandboden gefundene Resultat ohne weiteres auf andere Bodenarten — insbesondere vom Gehalt an Phosphorsäure abhängig sei. Ramann[1]) stimmt dieser Auffassung für Sandböden bei und bemerkt, „daß alle Veränderungen in den Sandböden durch Analyse verfolgt werden können und die Abhängigkeit des Ertrages vom Mineralstoffgehalt in zahlreichen anderen Fällen gleichfalls festgestellt ist".

4. Dagegen kommt Vogel von Falkenstein[2]) zu einem anderen Ergebnis auf Grund der Untersuchungen der Dünensandböden von Melchow, die nach dem Ergebnis der Analyse keine wesentlichen Unterschiede der Mineralstoffzusammensetzung erkennen lassen. „Trotzdem ist der Kiefernbestand dieser Waldböden sehr verschieden und schwankt zwischen Ertragsklasse I und IV". „Die vorhandenen Stickstoff- und Humusmengen bestimmen hiernach allein die Bodenfruchtbarkeit". „Nach den Erfahrungen meiner Arbeit sind zur Erzielung guter Kiefernerträge sehr geringe Mengen von Mineralstoffen notwendig. Ein Beispiel aus der Lüneburger Heide zeigt sogar, daß noch weit ärmere Böden gute Kiefernbestände erzeugen können".

Falkenstein[3]) fand folgende Zusammensetzung des Dünenbodens bei Melchow für die Ertragsklasse II und einen Boden „in gutem Zustande":

Bodenprobe	Kalk %	Magnesia %	Kali %	Phosphorsäure %	Tonerde %
1 b 0—15 cm	0,031	0,047	0,043	0,038	0,474
1 c 15—40 „	0,035	0,050	—	0,037	0,844
1 d 40—60 „	0,072	0.058	—	0,038	0,714
1 e 140—200 „	0,071	0,060	0,075	0,039	0,486

———

[1]) A. a. O. S 273.
[2]) A. a. O. Seite 22.
[3]) A. a. O. Seite 4.

5. In seinen „Bodenuntersuchungen im Gebiete der Lüneburger Heide" teilt Albert[1]) eine Reihe von Bodenanalysen mit, die allerdings erheblich geringeren Mineralgehalt ergeben, als die Melchower Dünensande ihn aufweisen. Albert ist der Ansicht, „daß sämtliche Nährstoffe in durchaus zureichender Menge vorhanden sind, insbesondere fällt der für Heideböden hohe Kalkgehalt (0,103—0,017 %) auf[2])." „Der wertvollste Bestandteil dieser Böden ist aber ohne Frage deren hoher Humusgehalt (5—7 %), sein hoher Stickstoffgehalt und das günstige, biologisch chemische Verhalten."

Vom Boden eines 150jährigen Buchenbestandes II. und III. Bonität in der Lüneburger Heide bemerkt Albert[3]), daß er sich nach der chemischen Beschaffenheit vor den bisher untersuchten in keiner Weise auszeichne, es müsse im Gegenteil überraschen, daß bei so geringem Kalkgehalt die Buche derartige Wuchsleistungen erzielen konnte. Die mechanische Bodenanalyse ergab, daß 65 % abschlämmbare Anteile enthalten waren.

Die chemische Analyse ergab[4])

Bonität 2/3.	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Humus	Stickstoff
0—10 cm	0,028	0,050	0,179	0,067	1,83	0,078
20—30 „	0,023	0,051	0,188	0,069	0,74	0,025
50—60 „	0,038	0,048	0,210	0,083	—	—

6. Schließlich noch einen Blick auf die Gegend am Bodensee. Fast alle Holzarten erreichen auf dem dortigen alpinen Gletscherschutte Wachstumsleistungen, die zu den höchsten bekannt gewordenen gehören. Der Boden kann durch Analysen nicht charakterisiert werden[5]). „Zahlreich sind die Gesteinsfragmente von Gneis, Granit, Glimmerschiefer, Porphyr, Syenit, Serpentin, Diorit, Gabbro, sowie aus der Trias-, Jura-, Kreide- und Eocänperiode. Ungeheure Massen grauer und schwarzer Kalksteine machen $^4/_5$ des erratischen Gesteinsmaterials aus. An einem sehr großen Reichtum des Bodens an Mineralstoffen ist in dem steter chemischer Veränderung unterworfenen Gletscherschutte nicht zu zweifeln".

7. Der Gehalt an Mineralstoffen schwankt bei den einzelnen Bodenarten innerhalb sehr weiter Grenzen. Eine Vergleichung der Analysen des Buchenbodens vom Sihlwald bei Zürich und eines Buchenbodens aus der Lüneburger Heide zeigt diese Unterschiede mit aller Deutlichkeit.

Für ein abschließendes Urteil sind die vorhandenen Analysen längst nicht ausreichend.

[1]) Zeitschr. f. Forst- und Jagdw. 44, 2. 136. 353. 655; 45, 221. (1912. 13).
[2]) A. a. O. 44, 224. 226.
[3]) 44, 144.
[4]) 44, 140.
[5]) Württ. Jahrb. f. Statistik u. Landeskunde 1872 II, 185.

Wenn für die Vergleichung das Wachstum bestimmter Holzarten zu Grunde gelegt wird, so wird die Entscheidung sehr schwierig, da auf das Wachstum noch andere Faktoren von Einfluß sind.

Daß dieses bei größerem Reichtum an Nährstoffen ein besseres ist, als bei geringem, ist bei landwirtschaftlichen Pflanzen außer Zweifel gestellt, ferner durch einzelne Untersuchungen, sowie durch Düngungsversuche auch für den Wald bestätigt. Der Einfluß des Nährstoffgehalts wird aber vielfach von der Wirkung anderer Faktoren verdeckt.

Insbesondere kommen hiebei die klimatischen Faktoren in Betracht. Die großen Sandgebiete Ungarns, der norddeutschen Tiefebene etc. sind zugleich Zonen sehr geringer Niederschläge (4—500 mm). Die Gebirgsgegenden mit dem in der Hauptsache mineralstoffreicheren Boden dagegen gehören den Gegenden mit sehr hohen Niederschlägen an (1500 mm und darüber).

Die Absorption einerseits und die Auswaschung von Nährstoffen andererseits stehen mit den Niederschlägen und Sickerwassermengen in direktem Zusammenhang.

8. Die Absorptionswirkung des Bodens äußert sich in der Weise, daß Phosphorsäure, Kali und Ammoniak stark, Magnesia, Natron, Kalk nur wenig, die übrigen Säuren nicht festgehalten werden. Die Träger der Absorption sind die Feinerde und die Humusbestandteile.

9. Andererseits verliert der Boden durch Auswaschung einen Teil der Salze; insbesondere werden Calcium- und Magnesiumsalze leicht fortgeführt. Die Auswaschung ist um so stärker, je durchlässiger der Boden (Sand), und je regenreicher die Gegend, je größer also die Sickerwassermenge ist. Der Feinerdegehalt und Humusgehalt des Bodens vermindern die Gefahr der Auswaschung.

10. Der Stickstoffgehalt des Waldbodens rührt teils von salpetersauren Salzen des Bodens, teils von dem durch die Niederschläge herbeigeführten Stickstoff, teils von dem im Humus enthaltenen Stickstoff her. Auch stickstoffsammelnde Pflanzen (Weißerle, Akazie) können manchmal von Bedeutung sein.

11. Die Aufnahme der einzelnen Nährstoffe während der ganzen Vegetationszeit ist nach den Untersuchungen von H. Bauer[1]) ganz verschieden, also wohl auch für die einzelnen Holzarten nicht gleich anzunehmen. Die ganze Frage ist durch Bauers Darlegungen noch schwieriger geworden.

Die Untersuchungen über das Wachstum der Holzarten während der einzelnen Monate im Versuchsgarten bei Tübingen werden unten besprochen werden.

---

[1]) Naturw. Z. f. F. u. Lw. 10,188.

12. Die pflanzengeographischen Monographien liefern wertvolle Beiträge zu der ganzen Frage, sofern die natürliche Verbreitung der Holzarten nicht durch menschliche Eingriffe gestört und verwischt ist.

Brunies wies nach, daß im Ofengebiet die Flora mit den Gesteinsschichten wechselt[1]). Von den Holzarten bezeichnet er als bodenvag, d. h. auf kalkarmem und kalkreichem Boden vorkommend: Föhre, Bergföhre, Lärche, Fichte, Wacholder, Aspe, Birke, Weißerle, die Vacciniumarten. Ausgesprochen kalkfeindlich sind im Ofengebiet Arve und Heide; letztere kommt nur auf dem kalkarmen Urgestein vor.

Rübel[2]) bemerkt, daß im Berninagebiet der für die Flora wichtigste Gegensatz derjenige zwischen Kalkgestein und krystallinischem, d. h. kalkarmem Gestein ist. ,,Diese Unterschiede sind aber für die Pflanzen ohne Belang. Aus allen diesen Gesteinen löst das Regenwasser so viel Kalk, als für eine kalkliebende Flora nötig ist".

Der ,,kalkarme" Granit hat 0,55 % Kalk, die Syenite 2,49—6,33 %, Diorite, Gabbro, 7,92—9,64 %. ,,Die verschiedenen Pflanzen haben auch ein verschiedenes Vermögen, den Kalk aus den krystallinen Gesteinen und ihren Verwitterungsprodukten zu extrahieren." ,,Kalkausscheidende Pflanzen können kalkliebenden Pflanzen den nötigen kohlensauren Kalk liefern".

Öttli[3]) faßt das Ergebnis seiner Untersuchungen der Felsflora im Curfirsten- und Säntisgebiet dahin zusammen, daß er für die geologisch und chemisch verschiedenen Horizonte des Gebietes nicht mit Sicherheit spezifische Besiedler und damit einen floristisch tiefgreifenden, modifizierenden Einfluß nachweisen könne, wohl aber Häufigkeitsunterschiede in ihrer Besiedlung, die sich oft ungezwungen aus dem physikalisch verschiedenen Verhalten der Felswände verstehen lassen. Dieser letztere Gesichtspunkt verdient waldbauliche Beachtung, weil die Häufigkeit der einen oder anderen Holzart bei der natürlichen Verjüngung und der Entwickelung im gemischten Bestande vielleicht hierin ihre Erklärung findet. Die Eibe läßt sich nach Vogler[4]) in der Schweiz als kalkliebend, wenn auch nicht als kalkfordernd bezeichnen.

13. Die Pflanzengeographen haben seit langer Zeit die ,,Bodenfrage" ausführlich erörtert[5]). Wenn bald den chemischen, bald den physi-

[1]) A. a. O. 267.

[2]) A. a. O. 83.

[3]) Botan. Exkursionen u. pflanzengeogr. Studien in der Schweiz. Herausg. v. C. Schröter. 3. Heft. Seite 48.

[4]) Schröter Bot. Exk. 5. Heft. Seite 31.

[5]) Die Literaturangaben bei Drude, Pflanzengeogr. Seite 50. Eine übersichtliche Zusammenfassung der verschiedenen Theorien, chemische u. physikal. Theorien; unter den ersteren Kalktheorie und Mineraltheorie, bei Schröter, Alpenpfl. Seite 72.

kalischen Eigenschaften die Hauptwirkung zugeschrieben wurde, so nennt Drude diese Anschauungen eine „große Einseitigkeit". Die Ersatzfähigkeit chemischer Bodeneigenschaften durch physikalische könne unmöglich geleugnet werden.

Für die Waldbäume sind die Verhältnisse noch viel zu wenig erforscht. Aus der Tatsache, daß auf einem mineralisch armen Boden (wie Buntsand, norddeutschem Diluvialsand), Buche und Eiche noch gedeihen, darf geschlossen werden, daß für die Waldbäume im allgemeinen die chemischen Bestandteile des Bodens eine entscheidende Rolle nicht spielen.

Daneben muß es aber als offene Frage gelten, ob nicht das Auftreten gewisser Holzarten, z. B. Sorbusarten im Laubwalde, Buche im Nadelwalde etc. von chemischen Bestandteilen des Bodens bedingt ist.

Zweifellos ist ferner, daß für junge Pflanzen die Bestandteile des Bodens eine wichtigere Bedeutung haben, als für einen alten Bestand (vergl. § 83, 4). Endlich ist die waldbauliche Beurteilung von der pflanzengeographischen verschieden. Den Pflanzengeographen interessiert das Vorkommen einer Holzart überhaupt, den Forstwirt außerdem noch das Wachstum auf verschiedenen Bodenarten. Ob und inwieweit das bessere oder geringere Wachstum nun von den chemischen oder physikalischen Eigenschaften des Bodens beeinflußt ist, muß als unentschieden betrachtet werden.

Die Düngung mit künstlichem Dünger bringt auch gewisse Änderungen im physikalischen Zustand des Bodens mit sich. Die Düngungsversuche mit Kali, Stickstoff, Phosphorsäure, Magnesia, Kalk, zeigen aber ganz unzweifelhaft, daß durch die Zufuhr von mineralischem Dünger das Wachstum junger Pflanzen gesteigert wird. Interessant ist die Wahrnehmung im Württ. Bezirk Rottenburg, daß junge Föhren und Erlen, die mit Fichten gemischt sind, sowie exotische Pflanzen von der künstlichen Düngung eine viel stärkere Förderung im Wachstum erfahren, als die neben und zwischen ihnen stehenden Fichten. Eine Düngung in älteren Beständen dagegen scheint, soweit sich aus den bisherigen Versuchen urteilen läßt, von nur geringer Wirkung zu sein.

Die Schwierigkeiten dieser Untersuchungen und Versuche bestehen darin, daß außer den mineralischen Nährstoffen noch andere Faktoren auf das Wachstum einwirken, ferner, daß die Beschaffenheit des Waldbodens in den verschiedenen Schichten selten genau bekannt ist, endlich, daß wir den Mineralstoffbedarf unserer Waldbäume nicht mit der wünschenswerten Sicherheit bestimmen können.

§ 83. Der Entzug und Bedarf der Waldbäume und der waldbaulich wichtigen Pflanzen an mineralischen Nährstoffen.

I. Die Waldbäume.

1. Die von verschiedenen Forschern (Schröder, R. Weber, Ebermayer, Ramann. Henry u. a.) ausgeführten Berechnungen über den Bedarf der Waldbäume an Mineralstoffen stimmen nicht ganz überein. Bei der Verschiedenheit der Bodenarten, der klimatischen Verhältnisse und daher der Produktion an Holzmasse kann dies nicht überraschen. Die angewandten Methoden der Analysen und der Berechnung mögen ebenfalls Abweichungen in den Ergebnissen hervorgerufen haben.

Im allgemeinen werden die Angaben von Ebermayer[1]) heute noch zutreffend sein. Er hat zahlreiche Aschenanalysen ausgeführt und spricht sich über die Art der Berechnung folgendermaßen aus[2]): ,,Ist durch Analysen der Mineralstoffgehalt des Holzes, der Blätter, Stengel, Wurzeln, Rinde, Zweige, Samen etc. bekannt und kennen wir die jährliche Durchschnittsproduktion des Waldes an Holz, Rinde, Blättern oder den mittleren Ernteertrag eines Ackerfeldes pro Hektar, so läßt sich leicht berechnen, wie viel Mineralstoffe in den Bodenprodukten enthalten sind und wie groß der mittlere Bedarf des Waldes und der Feldfrüchte an Mineralstoffen pro Jahr und Hektar ist. Auf diese Weise lassen sich die Ansprüche der Waldbäume und der Kulturgewächse an das mineralische Nährstoffkapital des Bodens annähernd feststellen.“

2. ,,Berechnet man aus den mitgeteilten Untersuchungen für die einzelnen Holzarten das Durchschnittsmittel, so gelangt man zu nachstehender Übersicht der Mineralstoffmengen, welche dieselben bei mittleren Erträgen jährlich zur Holzproduktion pro Hektar aufnehmen:

Tabelle 41.

Holzarten	Umtrieb Jahre	Gesamte Mineral-stoffe	K_2O	Ca O	Mg O	P_2O_5	SO_3	SiO_2
		Kilogramm						
Rotbuche	120	30.37	5.90	14.47	3.58	2.59	0.27	2.89
Rotbuche	50	23.50	4.90	11.59	2.00	1.77	0.42	1.87
Traubeneiche	20	56.7	9.4	31.9	5.9	6.3	1.2	0.8
Eichenschälwald . . .	50	27.28	3.05	20.81	0.96	1.08	0.22	0.37
Weißtanne	120	19.25	7.45	4.60	2.67	1.85	1.05	1.00
Fichte	120	23.10	4.07	9.69	2.00	1.54	0.70	5.04(?)
Kiefer	100	14.81	2.35	8.86	1.57	1.09	0.24	0.54
Birke	50	12.86	2.46	4.03	1.79	1.39	0.12	0.90

[1]) Physiologische Chemie der Pflanzen. 1, 753. 54. (1882).
[2]) A. a. O. 749.

3. Ebermayer hat sodann die Holzarten nach ihrem Mineralstoffbedarf übersichtlich geordnet.

Tabelle 42.

Reihenfolge der Holzarten nach ihrem Bedarf an

a) Kali	b) Phosphorsäure	c) Kali u. Phosphorsäure zus.	d) Kalk	e) nach ihrem gesamten Bedarf an Mineralstoffen
Ahorn	Esche	Esche	Haselnuß	Haselnuß
Esche	Haselnuß	Ahorn	Apfelbaum	Apfelbaum
Apfelbaum	Hainbuche	Haselnuß	Ulme	Ulme
Aspe	Aspe	Apfelbaum	Aspe	Aspe
Haselnuß	Apfelbaum	Aspe	Hainbuche	Ahorn
Eichenschälwald	Ahorn	Eichenschälwald	Eichenschälwald	Eichenschälwald
Ulme	Eichenschälwald	Ulme	Eichenhochwald	Eichenhochwald
Elzbeere	Ulme	Elzbeere	Ahorn	Hainbuche
Weißtanne	Elzbeere	Weißtanne	Elzbeere	Esche
Rotbuche	Rotbuche	Rotbuche	Esche	Elzbeere
Eichenhochwald	Weißtanne	Hainbuche	Rotbuche	Rotbuche
Hainbuche	Eichenhochwald	Eichenhochwald	Fichte	Fichte
Lärche	Lärche	Lärche	Lärche	Weißtanne
Fichte	Fichte	Fichte	Kiefer	Lärche
Birke	Birke	Birke	Weißtanne	Kiefer
Kiefer	Kiefer	Kiefer	Birke	Birke

„Die Reihenfolge, welche den Bedarf der Bäume an Kali und Phosphorsäure zusammen ausdrückt, stimmt mit den praktischen Erfahrungen, welche man über die Ansprüche der Holzarten an das mineralische Nährstoffkapital des Bodens gemacht hat, sehr nahe überein. Je größer dieses Bedürfnis ist, einen um so lehm- oder tonreicheren Boden beanspruchen sie zur kräftigen Entwicklung.“

Bei der praktischen Anwendung der von Ebermayer berechneten Zahlenwerte ist nicht zu übersehen, daß „mittlere“ Erträge an Holzproduktion bei der Berechnung zugrunde gelegt sind. Der einzelne Bestand kann daher nach oben oder unten um 30 und mehr Prozente vom Durchschnitte abweichen.

In den obigen Tabellen sind die Mineralstoffe für den ganzen Baum eingetragen. Waldbaulich wichtig sind aber die Verhältnisse bei den einzelnen Baumteilen (Holz, Rinde, Blätter etc.); siehe Tabelle 43.

4. Der Bedarf der Bäume an Mineralstoffen ist für die Holzproduktion sehr gering, viel bedeutender ist er für die Blatt- und Nadelproduktion. Nach Ebermayer[1]) erhöhen sich durch letztere die Ansprüche

[1]) A. a. O. Seite 758.

an die Mineralstoffe	um	das	5—7 fache
„ das Kali	„	„	2—3 fache
„ den Kalk	„	„	5—20 fache
„ die Phosphorsäure	„	„	4—6 fache
„ die Kieselsäure	„	„	6—20 fache.

Der Bedarf der Bäume zur Holzproduktion wird in der Regel durch die fortschreitende Verwitterung geliefert; durch Streuentzug (Verwehen oder Abschwemmen des Laubes und der Nadeln, Nutzung des Laubes) muß allmählich eine Erschöpfung des Bodens an Nährstoffen eintreten. Ramann leitet aus seinen Untersuchungen den Satz ab: „Die Ansprüche der Baumarten werden im wesentlichen durch die Menge und den Aschengehalt der Blattorgane bedingt[1])". Gerade über die Menge der Blatt- und Nadelproduktion sind wir nur ganz ungenügend unterrichtet. Die Unterschiede nach Holzarten, sowie nach der Jahreswitterung, nach Boden und Exposition, nach dichter oder lichter Stellung, nach Alter und Behandlung der Bestände sind noch viel zu wenig erforscht.

Auch Ramann hebt wiederholt die großen Schwankungen des Aschengehalts und die Lückenhaftigkeit unseres Wissens hervor. Gleichwohl möchte ich einige Ergebnisse seiner Untersuchungen anführen, weil sie gerade praktisch von großem Interesse sind.[2]) Es beansprucht von den jährlich aufzubringenden Stoffen für die Esche das Stammmaterial $^1/_{20}$, während $^{19}/_{20}$ für die Blätter verwendet werden; bei Kali kommen $^{32}/_{33}$ bei Phosphorsäure $^{99}/_{100}$ auf die Blätter.

Ramann betont, was für alle Analysenresultate zutrifft, daß wir auf diese Weise nur den Entzug, nicht den eigentlichen Bedarf an Nährstoffen erfahren.[3]) Vorerst werden wir uns mit dem ersteren begnügen müssen und die Ausdrücke Entzug und Bedarf als gleichwertig (letzteres allerdings im eingeschränkten Sinne) gebrauchen dürfen.

Mit diesem Vorbehalt mögen noch einige weitere Untersuchungen ihrer praktischen Bedeutung wegen angeführt werden.

5. Von besonderem Interesse, namentlich für das Wachstum gemischter Bestände, sind Analysen von Councler[4]), welche den Gehalt dreier auf gleichem Boden erwachsener Nadelbäume: Tanne, Fichte und Lärche an Trockensubstanz, Stickstoff und Mineralstoffen nachweisen. Die Pflanzen waren 40—42 Jahre alt und auf Diluvialsand erwachsen; der Boden ist als Kiefernboden II./III. Bonität bezeichnet.

	Tanne	Fichte	Lärche
Gesamtgewicht der wasserfreien Substanz	72.977 kg	91.153 kg	86.455 kg

[1]) Zeitschr. f. Forst- und Jagdw. 1883, 1.

[2]) A. a O. Seite 3.

[3]) „Die Pflanzen nehmen in den weitaus meisten Fällen mehr Nährstoffe aus dem Boden auf, als sie zu ihrer Entwicklung bedürfen" (Councler in Z. f. F. u Jw. 1886, 439).

[4]) Z. f. F. u. Jw. 1886, 353.

Die Tanne hatte am meisten Kali, die Fichte am meisten Kalk, die Lärche am meisten Magnesia aufgenommen. Am reichsten an Phosphorsäure sind die Aschen der Tanne; Fichte und Lärche hatten ziemlich gleichviel aufgenommen.

6. Die Untersuchungen von Rudolf Weber[1]) über die Asche der Buchen, die auf Moränenschutt, Buntsandstein, Basalt erwachsen waren, haben das unerwartete Ergebnis geliefert, daß ein Einfluß des Bodens auf den Aschengehalt des Buchenholzes nicht nachweisbar sei. Auch auf die prozentische Zusammensetzung der Asche hat der Boden geringen Einfluß. Es ist „überraschend, welche nahe Übereinstimmung in den Kaliprozenten, dem Kalk und Magnesiagehalt herrscht. Nur in der auf Basalt erwachsenen Buche ist der Kalkgehalt erheblich vermehrt, während zwischen den auf Moränenschutt und Buntsandstein erwachsenen Hölzern fast gar kein Unterschied (30,5 und 29,6 gegen 28,8 %) aufgefunden werden kann, obwohl der Boden der ersteren mit Kalkgeschiebe vermengt, jener der zweiten aber äußerst kalkarm ist." Auch der Gehalt an Reinasche überhaupt ist nur wenig verschieden (Moräne 0,363 und 0,314; Buntsand 0,347; Basalt 0,322 % der Trockensubstanz).

7. Schröder[2]) hat auf Grund seiner Untersuchungen berechnet, wie viele Kilogramm (im Höchstbetrage) dem Waldboden durch mittlere Holznutzungen an Nährstoffen pro Hektar und Jahr entzogen werden:

	Kiefer	Fichte	Weißtanne	Rotbuche
Summe aller Mineralstoffe	13,08	23,65	21,57	43,46
Kali	2,09 (2)	4,08 (3)	9,26 (1)	7,16 (2)
Kalk	7,68 (1)	10,24 (1)	4,12 (2)	22,25 (1)
Magnesia	1,44 (3)	1,98 (4)	2,81 (3)	5,75 (3)
Phosphorsäure	1,12 (4)	1,63 (5)	2,53 (4)	4,23 (4)
Schwefelsäure	0,22 (6)	0,68 (6)	1,30 (6)	0,33 (6)
Kieselsäure	0,53 (5)	5,04 (2)	1,55 (5)	3,74 (5)

Die in Klammern beigefügten Zahlen zeigen, daß die Nährstoffe unter sich in ganz verschiedenen Verhältnissen bei den einzelnen Holzarten stehen. Die Zahlen weichen nur bei der Buche von denjenigen Ebermayers erheblich ab. Kiefer, Fichte, Buche nehmen den Kalkvorrat am meisten, auch die Weißtanne in hohem Grade in Anspruch. Am meisten Kali und Phosphorsäure bedürfen Weißtanne und Rotbuche; am meisten Kieselsäure Fichte und Rotbuche.

In Beständen, in denen diese vier Holzarten gemischt sind, wird also eine gewisse Ausgleichung unter den entzogenen Nährstoffen eintreten. Vom chemischen Standpunkt aus wären deshalb die horstweisen Mischungen nicht zu empfehlen.

---

[1]) Hartig und Weber, Das Holz der Rotbuche. 1888. Seite 148, 159.

[2]) Forstchem. und pflanzenphys. Unters. 1878. 1, 14.

8. Den Mineralstoffgehalt junger Pflanzen hat Dulk in Hohenheim untersucht[1]). Er analysierte 1 jährige Föhren, 1 jährige Buchen, 1-, 2-, 4 jährige Fichten, die auf sandigem Liasboden erwachsen waren. Der Aschengehalt von Pflanzen, die auf verschiedenem Boden erwachsen sind, ist sowohl in Bezug auf die gesamte Reinasche, als auf einzelne Nährstoffe weiten Schwankungen unterworfen. Dulk vergleicht 1 jährige Kiefern von Eberswalde (von Schütze untersucht) mit denjenigen von Hohenheim; die letzteren haben gegenüber den auf Sand erwachsenen einen bedeutend höheren Kali-, dagegen einen geringeren Kalkgehalt, während der Gehalt an Phosphorsäure nicht sehr verschieden ist.

9. Ebermayer[2]) vergleicht den Bedarf junger Pflanzen mit demjenigen älterer Waldbäume und kommt dabei zu folgenden Schlüssen:

a) Der jährliche Kali- und Phosphorsäurebedarf der jungen Waldpflanzen ist viel bedeutender, als der der älteren Waldbäume. Buchen- und Fichtenpflanzen beanspruchen pro Hektar mehr Mineralstoffe, als Kiefern.

b) Der Kalkbedarf junger Waldpflanzen ist weit geringer, als jener der älteren Bäume.

c) Die Mineralstoffmengen, welche die älteren Bäume zur jährlichen Holzproduktion bedürfen, sind verschwindend klein gegenüber den Ansprüchen, welche die jungen Waldpflanzen an das Nährstoffkapital des Bodens machen.

Diese Untersuchungen geben für die Düngung von Saatschulen wertvolle Fingerzeige. Sie sind ferner wichtig für die Beurteilung des Wachstums von Saaten und Pflanzungen und des oftmals geringen Wachstums auf einzelnen Bodenarten. Endlich erklären sie die Erfolge der natürlichen Verjüngung. Wenn im südlichen Deutschland, in der Schweiz etc. die natürliche Verjüngung „leichter“ ist, als im Norden, oder sie auf gewissen Bodenarten „leichter“ gelingt, so kann dies ohne Bedenken, wenigstens zum Teil, auf den Mineralgehalt des Bodens zurückgeführt werden.

10. Über den Einfluß der Bodenart auf die Zahl der Keimlinge liegen mehrere Untersuchungen vor.

Bei derselben Bodenart (Lehm) wurden im Versuchsgarten bei Tübingen Versuche mit verschiedenen Deckmitteln angestellt, über deren Ergebnis Kern[3]) berichtet. Die nachstehenden Unterschiede ergeben sich also, wenn nur das 5—50 mm, bei Eiche bis 150 mm tiefe Deckmittel verändert wird.

---

[1]) Monatschr. f. F. u. Jw. 1874, 289.

[2]) Ebermayer, Chemie der Pflanzen 758.

[3]) Mitt. der Württ. V.-A. 1, 69.

Es wurden geerntet Pflanzen I. Klasse (die Zahl bei Humus gleich 100 gesetzt) bei Bedeckung mit

	Humus	Lehm	Ton	Sand
1. Fichte	100	129	110	92
2. Tanne	100	152	88	68
3. Föhre	100	89	74	93
4. Lärche	100	67	34	21
5. Stieleiche	100	70	107	88
6. Traubeneiche	100	107	96	93
7. Schwarzerle	100	122	185	129
8. Weißerle	100	53	47	95
9. Bergahorn	100	95	40	87

Das Ergebnis von ähnlichen Versuchen bei Zürich war [1])

	Humus	Lehmiger Ton	Sand
1. Fichte	100	68	87
2. Föhre	100	84	58

Die Saaten wurden in Gartenbeeten und im Freien ausgeführt. Unter dem Schatten alter Bäume sind die Bedingungen verändert und für die Keimung fast immer ungünstiger, als im bearbeiteten Gartenbeet.

11. Schließlich führe ich aus den ,,Bemerkungen" Wolffs [2]) zu seiner Zusammenstellung der Analysen noch einige Sätze an.

,,In der Asche der Waldbäume findet man nicht selten beträchtliche Mengen von Manganoxyd; die Nadelhölzer nehmen es leichter auf, als die Laubhölzer (bei Fichte und Weißtanne bis 30 % der Reinasche); meistens ist es in der Rinde und im jungen Reisholz angesammelt.

,,Durchschnittlich ergibt sich bei gleichem Alter für das Holz der Laubbäume eine größere Menge von Reinasche und darin prozentisch mehr Kali als in dem Holz der Nadelbäume.

,,Im höheren Alter des Baumes nimmt die Gesamtasche ab; das Reisholz ist reicher an Asche, als das Scheitholz. Auch nach Jahreszeiten ist der Aschengehalt verschieden; er ist im Sommer etwas geringer, als im Winter.

,,Abgestorbenes Astholz hat weniger Asche, als frisches und gesundes.

,,Die Rinde und ebenso die Blätter der Laubhölzer (mit Ausnahme der Birke) sind aschenreicher, als die der Nadelhölzer."

12. Aus den angeführten Ergebnissen chemischer Forschung geht hervor, daß nach dem heutigen Stande der Wissenschaft weder aus der chemischen Zusammensetzung des Bodens, noch aus den Analysen der Pflanzenaschen ein sicherer Schluß auf die Fruchtbarkeit des Bodens mit Rücksicht auf das Gedeihen unserer Holzarten gezogen werden kann. Größere Bedeutung scheinen die Analysen allerdings für die Beurteilung geringwertiger Böden zu haben. Eine Förderung unserer Kenntnisse können wir von der chemischen Untersuchung nur erhoffen, wenn sie

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 1, 108.

[2]) Aschenanalysen II, 158.

an die tatsächlichen Wachstumsverhältnisse oder, wie man auch sagen kann, an die Bonitäten-Ausscheidung sich anschließt, wie dies bereits von Meister, Albert u. a. geschehen ist.

II. Sonstige Waldpflanzen.

13. Wolff hat die Analysen zahlreicher Pflanzen zusammengestellt [1]). Die nachfolgende Tabelle stellt einen Auszug dar, der die waldbaulich wichtigen Pflanzen umfaßt. Wenn auch noch einige Analysen von Waldbäumen mit aufgenommen sind, so geschieht es, weil die oben mitgeteilten Analysen namentlich hinsichtlich der einzelnen Sortimente und der Vegetationsstadien ergänzt werden.

Die Aufnahme der Analysen von Wiesenheu und Gräsern, von Klee und Futterkräutern, Samen und Früchten, Stroh und Wurzelgewächsen dürfte erwünscht sein. Innerhalb des Waldes finden wir Äcker und Wiesen, auf welchen jene Pflanzen gebaut werden. Beim Waldfeldbau, der Hackwald- und Reutbergwirtschaft ist eigentlicher Waldboden landwirtschaftlich benützt. Der Anbau von Wildfutter erstreckt sich nicht nur auf Gras und Heu, sondern auch auf Kartoffeln, Rüben etc. Lupine und Esparsette werden als Gründüngungsmittel angebaut. Sämereien der verschiedensten Art dienen als Nahrung für Wild und verschiedene Vögel; oder sie werden gesammelt. Dem Walde werden dadurch Nährstoffe entzogen; in reichen Samenjahren ist dieser Verlust nicht unerheblich. Endlich sind die am Schlusse der Tabelle mitgeteilten Analysen von Moos, Binsen für die Beurteilung der Nutzung dieser Streusorten von Wert. So zeigt eine Vergleichung des Seegrases und des Wiesenheus etc., daß mit ersterem weit höhere Mengen von Mineralstoffen dem Walde entzogen werden, als mit Heu oder Weizen oder Hafer. Die Zahlen geben dem praktischen Urteil eine sichere Unterlage.[2])

Tabelle 43.

Mittlere Menge der Asche und Aschenbestandteile nach Wolff.

In 1000 Gewichtsteilen der Trockensubstanz sind enthalten:

Bezeichnung der Stoffe	Reinasche	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
I. Wiesenheu und -Gräser.					
Wiesenheu	69,8	18,64	11,13	4,81	4,96
Süßgräser	73,7	23,73	5,63	2,43	5,84
Saures Gras	43,2	10,20	8,61	2,08	1,67
Heu von Torfboden	80,0	21,10	7,42	2,47	3,89
Winterweizen im Schossen	97,5	33,81	4,83	1,41	7,22
Hafer im Schossen	81,2	33,54	5,32	2,48	6,89

[1]) Aschenanalysen von landwirtschaftlichen Produkten I. 1874. II. 1880. (im Buchhandel längst vergriffen).

[2]) In Tabelle 43 ist der Gehalt an Reinasche angegeben. Von der Rohasche, wie man sie direkt durch Einäschern gewinnt, wird der Gehalt an Kohlensäure, Sand und Kohle in Abzug gebracht, wodurch man die Reinasche erhält.

Bezeichnung der Stoffe	Reinasche	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
II. Klee- und Futterkräuter.					
Rotklee in der Blüte	68,6	22,15	23,95	7,48	6,61
Weißklee in der Blüte	73,2	15,74	22,08	6,92	9,36
Bastardklee	47,6	13,17	16,19	5,95	4,84
Inkarnatklee	60,8	14,03	19,21	3,70	4,28
Luzerne im Beginn der Blüte	73,8	17,38	30,02	3,63	6,27
Esparsette in der Blüte	55,0	15,66	20,16	3,57	5,47
Grünwicken in der Blüte	67,2	23,60	19,61	5,39	7,43
Lupinenheu	41,0	9,55	10,52	3,90	6,97
Buchweizen in der Blüte	82,3	25,41	33,26	10,90	5,02
Brennessel	135,4	43,38	38,24	9,70	10,62
III. Samen und Früchte.					
Winterweizen	19,6	6,11	0,64	2,36	9,26
Sommerweizen	21,4	6,53	0,60	2,56	10,47
Dinkel ohne Spelzen	16,8	5,06	0,73	2,09	7,59
Winterroggen	20,9	6,71	0,62	2,35	9,98
Sommerroggen	21,0	7,18	Spur	2,60	10,71
Sommergerste	26,1	5,58	0,69	2,31	9,16
Hafer	31,2	5,59	1,12	2,23	8,00
Buchweizen	13,7	3,16	0,61	1,70	6,67
Lupine	42,6	13,10	3,19	5,22	16,34
Futterwicke	31,0	9,34	2,49	2,78	11,38
Esparsette	45,7	13,04	14,43	3,04	10,93
Roßkastanie	23,6	13,93	2,74	0,12	5,29
Echte Kastanie	23,8	13,49	0,92	1,78	4,31
Eiche	21,8	13,98	1,51	1,15	3,25
Erle	20,8	7,23	6,29	1,92	2,77
Buche	25,4	5,78	6,21	2,95	5,27
Kiefer	41,5	9,29	0,77	6,26	19,07
Weißtanne	44,7	9,72	0,69	7,50	17,71
Erdbeere, ganze Frucht	34,0	7,16	4,83	—	4,70
IV. Stroh					
Winterweizen	53,7	7,33	3,09	1,33	2,58
Winterdinkel	58,5	6,08	3,37	1,45	2,99
Sommerweizen	44,5	12,87	3,07	1,09	2,29
Winterroggen	44,6	10,06	3,66	1,38	2,91
Sommerroggen	54,5	13,66	4,68	1,40	3,31
Sommergerste	53,5	12,44	3,86	1,38	2,27
Hafer	71,7	20,69	5,00	2,62	3,29
Buchweizen	61,5	28,82	11,34	2,25	7,31
Futterwicke	52,5	7,46	18,51	4,40	3,20
Lupine	50,7	21,06	11,57	4,03	3,00
V. Wurzelgewächse.					
Kartoffel	37,9	22,76	1,00	1,87	6,39
Futterrunkel	75,8	39,58	2,83	8,26	6,47
VI. Blätter und Kraut der Wurzelgewächse.					
Kartoffel, fast reif	85,8	18,69	28,01	14,17	6,77
Futterrunkel	153,4	47,09	16,34	14,62	9,97

Bezeichnung der Stoffe	Reinasche	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
VII. Forst-Produkte					
Buche 10—20 j. Stammholz mit Rinde	7,89	1,54	3,66	0,57	0,67
„ 10—20 j. stärkere Äste . . .	10,90	2,66	3,91	1,06	1,87
„ 10—20 j. schwächere Äste . .	18,70	4,61	6,79	1,76	2,97
„ Saatschulpflanze 1—4 j. . . .	27,30	4,94	11,00	2,23	4,43
„ 50—90 j. Scheitholz	4,30	1,23	1,62	0,48	0,29
„ 50—90 j. Reisholz	14,45	2,74	5,76	1,24	1,88
„ ca. 200 j. Scheitholz	3,76	1,00	1,56	0,74	0,22
Buchenblätter im August	49,10	9,90	14,30	3,66	4,08
„ „ November	70,50	5,42	28,66	2,86	4,02
Buchenlaubstreu	54,30	2,66	24,60	3,56	2,80
Eiche 15—25 j. Stammholz ohne Rinde	4,85	1,69	1,09	0,80	0,82
„ 15—25 j. stärkere Äste . . .	12,55	2,45	6,70	1,05	1,41
„ 15—25 j. schwächere Äste . .	17,80	3,48	9,07	1,93	1,68
„ 50 j. Stammholz ohne Rinde	3,51	1,16	1,05	0,24	0,40
„ 345 j. „ „ „	2,36	1,08	0,57	0,07	0,08
Eichenschälwald, 20 j. Rinde . . .	37,70	3,13	30,76	1,68	1,04
„ 20 j. Schälholz . .	4,12	1,44	1,01	0,48	0,65
„ 20 j. Reisholz . .	17,60	3,03	9,28	2,06	2,22
Eichenblätter im August	35,00	11,60	9,13	4,74	4,27
„ abgestorben	49,00	1,64	23,83	1,94	3,96
Eichenlaubstreu	53,60	4,00	19,91	4,95	2,31
Birke, Holz ohne Rinde	3,34	0,79	0,97	0,55	0,49
„ 50 j. Scheitholz.	3,27	0,58	1,08	0,46	0,26
„ 50 j. Reisholz	7,48	1,57	2,12	0,98	1,19
Kiefer, ca. 100 j. Scheitholz	3,03	0,43	1,63	0,32	0,18
„ „ 100 j. Knüppelholz . . .	6,72	1,14	3,38	0,65	0,53
„ „ 100 j. Reisholz	12,02	2,49	4,70	1,30	1,39
„ Saatschulpflanzen 1 jährig .	26,20	5,14	8,41	1,71	5,11
Kiefernadeln am Baum	19,34	5,80	4,61	1,33	3,09
Kiefernadelstreu	14,10	1,49	5,30	1,39	1,19
Schwarzföhre, Nadeln ganz jung . .	17,90	3,91	5,34	3,03	3,23
Lärche, Stamm ohne Rinde	1,73	0,41	0,78	0,23	0,13
„ Scheitholz (17 cm) mit Bast	2,42	0,57	1,17	0,19	0,20
„ Nadeln am Baum	35,30	8,03	9,33	3,68	5,73
Lärchennadelstreu	39,90	1,82	8,67	2,76	1,49
Fichte, 100 j. Stammholz ohne Rinde	2,14	0,42	0,73	0,24	0,05
„ 100 j. Scheitholz mit Rinde.	3,14	0,44	1,45	0,23	0,11
„ 100 j. Knüppelholz mit Rinde	5,48	1,12	1,96	0,50	0,31
„ 100 j. Reisholz mit Nadeln .	21,55	2,81	4,21	1,32	1,88
„ Saatschulpflanzen	27,30	5,68	8,68	1,57	4,56
Fichtennadeln am Baum	25,50	7,55	5,22	2,12	3,76
Fichtennadelstreu	46,10	1,53	18,35	2,05	2,30
Weißtanne, 90 j. Stammholz	2,44	0,97	0,27	0,23	0,15
„ 90 j. Scheitholz	4,52	1,46	0,57	0,38	0,27
„ 100 j. Knüppelholz . .	4,79	1,27	0,60	0,35	0,40
„ 90 j. Reisholz mit Nadeln	23,03	4,09	2,55	1,79	2,25
Weißtannen-Nadelstreu	37,80	3,14	22,42	2,91	3,13
„ -Schneidelstreu	33,10	8,66	12,73	2,35	3,48
Spitzahorn, 8 j. Stamm	9,77	1,41	6,19	0,58	0,83
„ 8 j. Äste	24,61	3,85	14,91	1,36	2,48

Bezeichnung der Stoffe	Reinasche	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
Laubhölzer, ca. 37 j. Holz	3,59	0,32	2,57	0,19	0,15
„ „ 37 j. Rinde	63,70	2,82	52,99	2,56	1,65
„ „ 37 j. Zweige	20,40	1,92	14,64	1,24	1,02
„ „ 37 j. Blätter	63,40	13,44	28,42	4,40	6,09
Blätter einiger Bäume, Mai	56,20	16,97	13,84	4,36	10,36
„ „ „ September	59,20	6,36	29,06	5,71	4,65
„ „ „ Oktober	70,50	5,02	38,13	8,33	4,00
Moos	27,40	4,48	3,91	1,72	2,09
Farrenkraut	64,90	24,76	7,42	4,13	4,92
Lycopodium	51,00	10,24	2,90	2,51	2,94
Heidekraut	20,80	2,68	4,47	1,95	1,40
Besenpfriemen	18,10	6,45	2,89	2,13	1,51
Riedgräser	69,80	23,52	4,13	2,97	4,91
Binsen und Simsen	65,10	19,59	4,86	3,54	5,02
Schilf	40,90	7,28	3,16	1,08	2,16
Seegras	172,60	20,84	25,79	14,65	4,92

§ 84.

Die Bodenklassen.

1. Die seit langer Zeit übliche, mehr oder weniger auf der Erfahrung beruhende Klassifikation der Bodenarten ist auch von den Vertretern der Bodenkunde beibehalten worden[1]). Die Klassen sind nach den Hauptbestandteilen des Bodens, also der chemischen Zusammensetzung und den davon untrennbaren physikalischen Eigenschaften abgeteilt. Den Ausgangspunkt bildete der Kulturboden der Landwirtschaft, von dem sich der Waldboden allerdings in manchen Punkten unterscheidet[2]).

Die Hauptbestandteile des Bodens sind Ton, Sand, Kalk, Humus. Sie kommen in fast allen Bodenarten, aber in wechselnder Menge vor. Für die praktische Beurteilung dürfen die Wasserverhältnisse nicht außer acht gelassen werden.

2. Die allgemeinen Klassen werden durch genauere Angabe der Zusammensetzung schärfer abgegrenzt[3]).

	Ton	Sand	Kalk	Humus
	Bestandteile in 100 Teilen			
I. Sandböden mit 0—20% Ton.				
1. Sandboden	0—10	der Rest	höchstens 5	höchstens 5
2. Lehmiger Sand	10—20	„ „	„ 5	„ 5
II. Lehmböden m. 20—50% Ton.				
3. Sandiger Lehmboden	20—30	Rest	wie bei 1 und 2	
4. Milder Lehmboden	30—40	„	„ „ 1 „ 2	
5. Schwerer Lehmboden	40—50	„	„ „ 1 „ 2	

---

1) Ramann [3]542. Mitscherlich [2]288. Aereboe a. a. O. 364.

2) Aereboe geht auf die Klassifikation sehr genau ein. Für Äcker werden bis zu 16, für Wiesen bis zu 13, für Weiden bis zu 7 Klassen, für Wald 9 Klassen nach den verschiedenen Autoren aufgeführt.

3) Mitscherlich [2]289. Aereboe 396.

	Ton	Sand	Kalk	Humus
		Bestandteile in 100 Teilen		
III. Tonböden über 50% Ton.				
6. Lehmiger Tonboden	50—60	Rest	wie bei 1 und 2	
7. Schwerer Tonboden	60—70	,,	,, ,, 1 ,, 2	
8. Reiner Tonboden	über 70	,,	,, ,, 1 ,, 2	
IV. Mergelböden m. 5—20% Kalk.				
9. Sandmergelboden	0—10	der Rest	5—20	höchstens 5
10. Lehmiger Sandmergel	10—20	,, ,,	5—20	,, 5
11. Sandiger Lehmmergel	20—30	,, ,,	5—20	,, 5
12. Milder Lehmmergel	30—40	,, ,,	5—20	,, 5
13. Schwerer Lehmmergel	40—50	,, ,,	5—20	,, 5
14. Tonmergelboden	über 50	,, ,,	5—20	,, 5
V. Kalkböden m. üb. 20% Kalk.				
15. Sandkalkboden	0—10	der Rest	über 20	höchstens 5
16. Lehmiger Sandkalkboden	10—20	,, ,,	,, 20	,, 5
17. Sandiger Lehmkalkboden	20—30	,, ,,	,, 20	,, 5
18. Milder Lehmkalkboden	30—40	,, ,,	,, 20	,, 5
19. Schwerer Lehmkalkboden	40—50	,, ,,	,, 20	,, 5
20. Toniger Kalkboden	über 50	,, ,,	,, 20	,, 5
VI. Humusböden mit über 5% Humus.				
21. Sandiger Humusboden	0—20	der Rest	bis 5	5—20
22. Lehmiger Humusboden	20—50	,, ,,	,, 5	5—20
23. Toniger Humusboden	über 50	,, ,,	,, 5	5—20
24. Eigentlicher Humusboden	wechselnde Menge			über 20

3. „Außer diesen 24 Bodenarten kann man noch eine Reihe von Zwischenstufen unterscheiden“ (Aereboe).

VII. Steinböden nennt Ramann[1]) Bodenarten, die sich überwiegend aus wenig zersetzten Gesteinsbruchstücken zusammensetzen. Er unterscheidet:

Felsböden, wo der nackte, nur mit Spalten durchsetzte Felsboden zutage liegt.

Großsteinige Böden, wenn die Hauptmasse der oberen Bodenschicht von Steinblöcken eingenommen wird.

Grusböden mit scharfen und eckigen Gesteinsstückchen und

Grand-, Kies- und Schotterböden, vom fließenden Wasser abgelagert, mit abgerundeten Bodenkörnern.

Diese Ausscheidung der Steinböden von den vorhin genannten ist nicht ganz durchzuführen, da meistens eine Verwitterungsschichte vorhanden ist, die unter die oben aufgezählten Bodenarten fällt. Aber im praktischen Waldbau spielen in allen Gebirgen gerade die Steinböden eine überaus wichtige Rolle. Im Granit, Gneis, Buntsand, in fast allen Kalkgebirgen, in der Nagelfluе besteht oft der größte Teil des Waldbodens aus Steinböden.

---

[1]) A. a. O. [3]543.

4. Diese Bodenklassen können wir auch im praktischen Forstbetriebe unterscheiden. Spielen sie auch bei alten Beständen eine geringe Rolle, so sind sie um so wichtiger bei Aufforstungen von Öd- und Unland, bei Bestockung von Blößen, die oft jahrelang aller forstlichen Technik trotzen.

Wie schon die Einteilung ergibt, sind die Bodenarten nach ihrem Gehalt an Ton, Sand, Kalk, Humus abgestuft. Die genaue Abgrenzung ist aber nur bei mechanischer oder chemischer Bodenanalyse möglich, die im praktischen Betriebe so gut wie undurchführbar, bei der Anstellung durch agrikulturchemische Institute sehr teuer ist. Dringend nötig sind daher einige Anhaltspunkte für die praktische Beurteilung der Bodengüte (§ 85).

Zunächst folgen die Einteilungen von Ramann und Hazard.

Ramann geht von der geologischen Abstammung der Böden und ihrem Gehalt an Nährstoffen aus, während die Einteilung der Böden von Hazard von den Beobachtungen beim Anbau als Feld- oder Waldboden hergeleitet ist.

5. Ramann[1]) gibt eine Übersicht der Bodenarten nach ihrer mineralischen Kraft. Er schließt sich an die Übersicht von Grebe[2]) an, die heute noch als richtig bezeichnet werden darf und deshalb hier wiedergegeben werden soll. Daß das Klima (Temperatur und Niederschlag) nicht außer Betracht bleiben darf, ist oben wiederholt betont worden.

1. Sehr kräftige Böden bilden:

Die basischen Eruptivgesteine: Basalt, Diabas, Melaphyr und ihre Tuffe;

Porphyrite und Porphyrtuffe;

Kalkgesteine mit reichlichem Tongehalt;

Leicht zersetzbare Tonschiefer;

Aue- und Marschböden.

2. Kräftige Böden bilden:

Die leicht verwitternden Arten von Granit, Gneis, Syenit, an Bindemittel reiche, nicht quarzitische Sandsteine (einzelne Grauwacken, Lias- und Keupersande, Buntsandstein).

3. Mäßig kräftige Böden bilden:

Mittelschwer verwitternde Granite und Gneise, Magnesiaglimmerschiefer.

Bindemittelärmere, nicht quarzitische Sandsteine (die meisten Sandsteine und Grauwacken).

Schwer verwitternde Tonschiefer.

---

[1]) A. a. O. [3]281.

[2]) A. a. O. [2]219.

4. Schwache Böden bilden:

Sämtliche schwer verwitternde Silikatgesteine: Felsitporphyr, Abarten von Gneis, Granit.

Kaliglimmerschiefer.

Sandsteine mit quarzitischem Bindemittel; Sande: Diluvialsand.

Viele Konglomerate: Rotliegendes, Grauwacken.

5. Magere (arme) Böden bilden:

Sehr schwer verwitternde Gesteine, wie manche Quarzporphyre, Grauwacken, Rotliegendes.

Bindemittelarme oder stark quarzitische Sandsteine: Manche Grauwacken, Quadersandsteine, Quarzit.

Heide- und Flugsande, Dünensande, tertiäre Sande.

Geschiebe- und Geröllablagerungen.

Kalkarme Tongesteine: Zähe Tone und Letten.

6. Hazard[1]) teilt die Bodenarten nach den land- und forstwirtschaftlichen Gewächsen ein.

I. Landwirtschaftlich benutzte Bodenarten:

a) Kartoffelboden (Kartoffel, Lupine, dürftiger Roggen);
b) Roggenboden (Kartoffel, Roggen in normaler Ausbildung);
c) Haferboden (die vorigen, ferner Hafer);
d) Kleeboden (die vorigen, ferner Rotklee und Gerste);
e) leichter Weizenboden- Zuckerrübenboden (die vorigen, außerdem Zuckerrüben und mittelmäßiger Weizen);
f) Weizen- und Roggenboden (zum Anbau sämtlicher landwirtschaftlicher Gewächse geeignet);
g) schwerer Weizenboden (sämtliche Gewächse mit Ausnahme des Roggens);
h) Ackerbohnenboden (Roggen und Hackfrüchte ausgeschlossen);
i) Weizen- und Wiesenboden (zum Wiesenbau geeigneter, schwerer Weizenboden);
k) Wiesenboden.

II. Forstlich benutzte Bodenarten:

a) Kiefernboden (nur zum Anbau der Kiefer geeignet);
b) Birkenboden (Kiefer mit Fichtenunterholz, normal ausgebildete Birken);
c) Kiefern- und Fichtenboden (Kiefer, Birke, Fichte in mittelmäßigen Exemplaren);
d) leichter Fichtenboden (Kiefer, Birke, Fichte, Lärche);
e) Tannenboden (die vorigen, ferner die Weißtanne);
f) Rotbuchenboden (die vorigen, ferner die Rotbuche);

---

[1]) Die geol.-agronom. Kartierung als Grundlage einer allg. Bonitierung des Bodens. Landw. Jahrb. 1900, 825. — Mitscherlich. [2] 300.

g) schwerer bezw. nasser Fichtenboden (Kiefer, Birke, Fichte, Lärche);

h) Eichen- und Erlenboden (Birke und sämtliche Laubhölzer mit Ausnahme der Rotbuche).

7. Die drei verschiedenen Arten der Einteilung der Böden ergänzen sich in mancher Beziehung, stehen aber sonst ziemlich unvermittelt neben einander. Ramann wird in der angewandten Bodenkunde wohl näher auf den Zusammenhang zwischen Gestein und Boden eingehen.

Was an seiner obigen Gruppierung noch fehlt, ist der Nachweis, welche Bodenart aus den verschiedenen Gesteinen hervorgeht (ein Lehm- oder Ton- oder Sandboden etc.)[1]).

Dies festzustellen, übersteigt die Kraft eines Mannes. Aus dem Buntsand etc. entsteht bald ein mehr sandiger, bald ein mehr lehmiger, selbst toniger Boden, da die Zusammensetzung der Buntsandsteinschichten lokal verschieden ist. Lokale Erhebungen sind unerläßlich.

Die agronomischen Untersuchungen und die neueren geologischen Landesaufnahmen liefern ein reiches, überaus wertvolles Material[2]).

Die Klassen von Hazard werden als richtig ebenfalls bezeichnet werden können. Die Karte über die Bodenarten und die Bestockung in der Dresdener Heide, die er seiner Abhandlung beigegeben hat, steht einzig in ihrer Art da. Es ist zu wünschen, daß von allen Waldungen solche Karten angefertigt würden. Die Grundlagen für dieselben werden allerdings immer unsicherer, je mehr die künstliche Waldkultur die natürlichen Zustände zurückdrängt.

§ 85. Die Beurteilung des Bodens.

1. Die praktischen Fälle, in denen der Boden nach seinem Gehalt an mineralischen Nährstoffen beurteilt werden muß, sind nicht so selten, als man gewöhnlich annimmt.

Am klarsten tritt der Mangel an Nährstoffen (die physikalischen Eigenschaften des Bodens sollen hier außer Betracht bleiben) bei „ausgebauten“, d. h. an Nährstoffen erschöpften Saat- und Pflanzschulen zutage, in denen die Pflanzen jahrzehntelang kümmern und teilweise dürr werden. Ähnliche Zustände treten bei zu lange betriebenem Waldfeldbau, bei lange fortgesetzter Streunutzung, manchmal auch bei

[1]) Grebe unterscheidet die Arten der Kalkgesteine und den Verwitterungsboden derselben.

[2]) In dieser Beziehung darf für das norddeutsche Tiefland auf die agronomischen Aufnahmen der preußischen geologischen Landesanstalt hingewiesen werden. Für die Bearbeitung der Gebirgsgegenden hat Sauer bei der geologischen Aufnahme von Baden und Württemberg eine Methode eingehalten, die allgemein als mustergiltig anerkannt ist. Das Studium der erläuternden Begleitworte zu den einzelnen geologischen Kartenblättern kann nicht genug empfohlen werden.

Grasnutzung ein. In schlecht gedüngten Äckern, Wiesen, Weiden, die ja vielfach in Wald umgewandelt werden, ist der Mineralstoffvorrat sehr herabgesetzt. Lange Zeit brach gelegenes Ackerfeld, Ödland hat durch Auswaschen einen Teil der Mineralstoffe verloren. Der rohe Boden, der in Steinbrüchen, Sand-, Ton- und Mergelgruben, Rutschflächen, Murgängen, Lawinenzügen teilweise im Dünengebiete aufgeforstet werden muß, unterscheidet sich durch die geringe Aufnehmbarkeit der Mineralstoffe vom verwitterten Boden.

Der hohe Gehalt an Mineralstoffen, der in den Ästen, im Laube und in den Nadeln angehäuft ist, bedingt, daß durch Schneiteln und Aufasten, durch die Niederwaldwirtschaft (Weidenzucht, Eichenschälwald, Unterholz im Mittelwalde etc.) durch Zierpflanzenbau, Christbaumzucht dem Boden große Mengen an Mineralstoffen entzogen werden.

Das Unterbauen lichter werdender Bestände, also die Erziehung von zwei übereinander stehenden Beständen auf derselben Fläche, muß einen erhöhten Entzug an Mineralstoffen herbeiführen; dasselbe gilt von der natürlichen Verjüngung unter dem alten Bestande. Aus der Reihenfolge der Holzarten nach dem Mineralstoffbedarf folgt, daß die Beimischung von Ahorn etc. nur bei einem hohen Gehalt des Bodens an Nährstoffen Erfolg verspricht.

Zur Bildung von Blüten und Früchten werden nach Rudolf Weber[1]) große Mengen von Nährstoffen, insbesondere Magnesia, Phosphorsäure, Stickstoff verbraucht.

In den Wurzeln werden mit der Aufspeicherung der Reservestoffe auch Mineralstoffe in größeren Mengen abgelagert, die bei Gewinnung des Stockholzes dem Boden entzogen werden. Gewisse Pflanzen gelten als Magerkeitszeiger. Die frühere Unterscheidung von Kalk- und Kieselpflanzen ist zwar nicht in dem Sinne aufrecht zu erhalten, als ob aus dem Vorkommen oder Fehlen einer Pflanze auf die Nährstoffe im Boden geschlossen werden könnte. Für die praktische Beurteilung des Bodens wäre aber viel gewonnen, wenn zwischen dem Auftreten von Heide, Heidelbeere, Polytrichum, den verschiedenen Moosarten, gewissen Gräsern und dem Fehlen des einen oder anderen Stoffes ein Zusammenhang sicher nachgewiesen wäre.

Einen an Mineralstoffen reichen Boden pflegt man als „kräftigen“ oder „reichen“, „guten“ Boden zu bezeichnen und auf Grund der Erfahrung die Böden der geologischen Formationen und Schichten als „kräftig“ oder „gut“ oder aber als „schwach“, „mager“, „arm“, „schlecht“ etc. zu charakterisieren.

2. In allen diesen Fällen gilt das Gesetz des Minimums[2]): „Die Produktion an Pflanzenmasse wird reguliert durch den im Verhältnis

[1]) Forstl.-naturw. Z. 1, 13.

[2]) Mayer Agrikulturchemie. [4] I, 306.

in geringster Menge vorhandenen Nährstoff. Die einseitige Vermehrung irgend eines Düngestoffes kann im allgemeinen keinen Erfolg haben, sondern nur die Vermehrung der im Minimum vorhandenen oder wenn vorher schon ein richtiges Verhältnis vorhanden war, nur die gleichzeitige Vermehrung aller.“

Für unsere Holzpflanzen ist das richtige Verhältnis unter den einzelnen Mineralstoffen noch nicht genauer erforscht. (Vergl. die schwankenden Verhältniszahlen in Tabelle 43 § 83, 13.)

Wir wissen also nicht, in welchem Verhältnis (ob 1 : 2 oder 3 oder 5 etc.) Kalk und Magnesia, oder Kali und Phosphorsäure im Boden zueinander stehen sollen.

Diese Lücke in unseren Kenntnissen kommt deutlich zum Bewußtsein, wenn bei einem Düngungsversuch mit künstlichem Dünger die einzelnen Düngerarten quantitativ bestimmt und gemischt werden müssen.

Die Landwirtschaft ist in diese Fragen längst tiefer eingedrungen. Aber selbst der landwirtschaftliche Chemiker gibt die Unsicherheit der chemischen Bodenanalyse oder der in der Pflanzenernte chemisch festgestellten Nährstoffentnahme zu und kommt zu dem Schlusse[1]: Der wichtigste und billigste Detektiv zur Erforschung der Leistungsfähigkeit eines Ackers bleibt immer der Topfvegetations- oder — was noch zutreffender ist — Felddüngungsversuch, d. h. man prüft den Acker durch die Pflanze.

3. In den meisten Fällen des praktischen Lebens wird man sich aber weder der chemischen Analyse, noch des Düngungsversuchs bedienen können. Die Analyse ist sehr zeitraubend — Wochen und Monate vergehen, bis sie durchgeführt ist — und sehr kostspielig. Ebenso erfordert der Düngungsversuch längere Zeit zur Durchführung; er ist jedoch nicht sehr teuer. In den praktischen Fällen der Bodenbeurteilung ist meistens in kürzester Zeit die Entscheidung zu treffen. Die Beurteilung des Bodens muß also mit den einfachsten Mitteln durchgeführt werden können.

Übung und Erfahrung, praktischer Blick und gute Unterscheidungsgabe werden vor groben Fehlschlüssen bewahren. Es stehen uns außerdem mehrere Hilfsmittel zu Gebot.

4. Eine vorläufige und allgemeine Orientierung gewährt die geologische und insbesondere die agronomische Karte. Die Einzeichnung der Formation und Schichte und der Bodenart (Lehm, Ton, Sand etc.) gibt der Schätzung schon eine bestimmte Richtung.

Stets zu beachten ist das Urteil der praktischen Land- und Forstwirte, das auf langjähriger Tradition und Erfahrung bei der Bearbeitung

[1]) Düngerfibel von Dr. M. Hoffmann 1909. 4 16. (Flugblätter der D. Landw.-Ges. No. 7).

und dem Anbau beruht und insbesondere über etwaige Eigentümlichkeiten einer Bodenart Aufschluß gibt.

Zu dieser allgemeinen Kenntnis der Bodenverhältnisse muß die Beurteilung der einzelnen Lokalität hinzukommen. Denn der lokale Wechsel des Bodens ist von besonderer Wichtigkeit. Die kleinen Bodenstellen mit abweichender Beschaffenheit lassen sich oft in der Karte nicht mehr zur Darstellung bringen. Sie sind aber waldbaulich von größter Bedeutung, weil je nach der Flach- oder Tiefgründigkeit, dem großen oder geringen Steingehalt etc. die anzubauende Holzart, die Art der Kultivierung, der Verjüngung sich ändert.

5. Die am häufigsten zu beantwortende Frage ist die nach der Tauglichkeit des Bodens für den Anbau einer bestimmten Holzart. Man spricht von Buchen-. Eichen-, Fichten-, Tannen- und Föhrenboden. Als solcher muß aber vielfach der unbestockte Boden beurteilt werden; in diesem Falle kann nicht aus dem Wachstum vorhandener Pflanzen ein vorläufiger Schluß gezogen werden. Es bleibt also nur der Weg der Vergleichung der Bodenarten übrig. Je näher die Vergleichsflächen bei einander liegen, um so sicherer wird das Urteil sein.

Die Vergleichung ist um so schwieriger, je geringer der äußere Unterschied zweier Bodenarten ist.

Wenn aber die Vergleichung eines bestimmten Bodens mit einem anderen, schon bestockten Boden nicht möglich ist, muß aus sonstigen Merkmalen auf die Qualität des Bodens geschlossen werden. Diese Merkmale können natürlich auch zur Sicherung des Urteils bei Vergleichungen berücksichtigt werden.

Als solche Merkmale sind zu nennen: die Bodenflora, die Farbe, der Steingehalt und die Zusammensetzung des Bodens aus Ton, Sand und Kalk, sowie der Humusgehalt des Bodens.

6. Das Aussehen der gesamten Flora auf Äcker, Wiesen, Weiden, freiliegendem Boden, öden Stellen, an Wegböschungen, Rainen, Gräben und Grabenaufwürfen, auf Kahlschlägen, in Bestandeslücken, sowie unter dem Kronendach der Waldbäume gibt über den Charakter eines ganzen Gebietes wertvollen Aufschluß. Wenn Sand- und Kalk- oder Lehm und Tonschichten neben einander vorkommen, ist der Unterschied der Flora sehr augenfällig. Die Verschiedenheit der Arten und insbesondere auch die Dichtigkeit der Bestockung hängen unmittelbar von der Unterlage ab[1]). Sehr lehrreich ist die Pflanzendecke, die sich auf kahlem Boden von selbst einstellt. Man pflegt gewisse Leitpflanzen zu unterscheiden, die aber für die Charakterisierung des Bodens nicht ganz ausreichend sind (*Senecio*, *Epilobium*; *Digitalis*, *Convallaria*; *Equisetum*, *Hypnum*, *Dicranum*, *Sphagnum*, *Polytrichum*: Heide, Heidelbeere, Farne etc.).

[1]) Kraus, Boden und Klima auf kleinstem Raum. 1911. Seite 6. Grebe, Gebirgskunde, Bodenkunde. [2]227.

Auch die Strauch- und Baumflora gibt Anhaltspunkte (*Spartium. Rhamnus*, Sumpfföhre; Schwarz- und Weißerle; *Ilex*, *Sambucus*, die *Sorbus*-Arten etc.).

Eine genaue Untersuchung unserer gesamten Waldböden vom botanischen und forstlichen Standpunkt aus wäre ein sehr verdienstliches Unternehmen. Bei Benützung der vielen Vorarbeiten und der lokalen Florastudien würde diese Arbeit nicht mehr allzu groß sein.

7. Eine der ältesten Studien über die Charakterisierung der Bodenarten nach den wilden Pflanzen hat Crome[1]) veröffentlicht. Boden und Klima bezeichnende Pflanzen hat 1821 Hundeshagen[2]) zusammengestellt.

Die eingehendsten Untersuchungen rühren von Unger her, der zahlreiche Nachfolger fand[3]). Ausführliche Besprechung widmet dieser Frage Senft[4]), der auf die vielfachen Widersprüche in der Literatur hinweist. Er scheidet — wohl zuerst — neben Kali-, Kalk- und Kieselsäurepflanzen noch Moder-, Naß-, Tau- und Luftpflanzen aus.

Vom forstlichen Standpunkt aus hat 1852 Grebe[5]) eine Gruppierung der Pflanzen vorgenommen.

Eine reichhaltigere Aufzählung der Unkräuter und Standortsgewächse findet sich bei Willkomm[6]). Er teilt sie ein in Sand-, Moor-Torf-, Kalkpflanzen etc. Die eingehenden botanischen Kenntnisse, die vorausgesetzt werden, sind freilich nur wenigen Forstwirten eigen. Abbildungen reichen zum Selbststudium nicht immer aus; die vorhandenen Bücher (Plüß etc.) enthalten auch nur die wichtigsten Arten. Ein Herbarium für waldbauliche Zwecke würde die vorhandene Lücke am besten ausfüllen. Bonitierungspflanzen hat neuerdings Wittmack[7]) zusammengestellt, dabei aber betont, daß die physikalischen Eigenschaften des Bodens (Trockenheit etc.) für viele Pflanzen wichtiger, als die chemischen seien.

8. Von mehr lokaler Bedeutung, aber in methodischer Hinsicht von Wichtigkeit sind einige neuere Arbeiten. So hat Rübel[8]) (1912) Aufnahmen im Lärchen-, Lärchenarven-, Arven- und Föhrenwalde des Berninagebietes, Brunies solche im Ofengebiete durchgeführt.

---

[1]) Thaers Annalen des Ackerbaus. 1810. 630.

[2]) Encykl. d. Fw. I, [2] 158.

[3]) Über den Einfluß des Bodens auf die Verteilung der Gewächse im nordöstlichen Tirol. 1836.

[4]) Bodenkunde 1847. 196.

[5]) A. a. O. Seite [2] 277.

[6]) Forstliche Flora 1887. [2] 941—949.

[7]) Vogler, Kulturtechnik 1909. I, 1. [4] 398.

[8]) A. a. O. Seite 102—112.

Die Begleitpflanzen des Buchenwaldes in seinem ganzen Vorkommen hat Hubert Winkler[1]) zusammengestellt. Die Kräuter etc. im Kastanienwald des Bergells wurden von E. Geiger untersucht[2]).

Besonders hervorzuheben sind die Arbeiten von F. Höck über die „Nadelwaldflora" und die „Laubwaldflora" Norddeutschlands[3]).

Auf die allgemeinen botanischen und pflanzengeographischen Werke, die oben aufgeführt sind, kann nur kurz verwiesen werden.

Immerhin ist nicht zu vergessen, daß die lokale Flora ein Erzeugnis des Standorts, also nicht bloß des Bodens und seiner Bestandteile, sondern auch der Temperatur und Niederschläge etc. ist[4]).

Es wird also doch in den meisten Fällen die Untersuchung des Bodens selbst nötig sein.

9. Die Farbe des Bodens deutet im allgemeinen auf seine Zusammensetzung hin. Je dunkler er ist, um so mehr Nährstoffe sind in ihm enthalten. Rührt die dunkle Färbung von Humuseinlagerung her, so ist er an Stickstoff angereichert. Weißer, überhaupt heller Boden ist weniger fruchtbar.

10. Der Steingehalt des Bodens läßt sich an einem senkrechten Erdeinschnitt meistens mit hinreichender Sicherheit beurteilen. Soll der Anteil der Steine mit größerer Genauigkeit bestimmt werden, so muß der Boden gesiebt und dem Gewichte oder Volumen nach der Anteil der Steine bestimmt werden. Um die Verwitterbarkeit der Steine zu erkennen, werden sie zerschlagen und die äußeren und inneren Schichten mit einander verglichen. Die Steine sind als Reserven von Nährstoffen zu betrachten, die bei weiterer Verwitterung löslich werden.

11. Sand und Ton, die Hauptbestandteile der meisten Bodenarten lassen im reinen oder fast reinen Zustand leicht sich erkennen. Auch wenn sie gemischt sind, kann man sich der Fingerprobe, des Zerreibens zwischen Zeigfinger und Daumen bedienen. Der Sand ist körnig und rauh, von lückigem Gefüge, der Ton zäh, klebrig, knetbar, fett und von dichtem Gefüge. Der Lehm, der aus Sand und Ton gemischt ist, läßt sich ebenfalls kneten, aber er fühlt sich rauh und körnig an. Der sog. Letten ist eine Mischung von Ton und feinem Sand. Sandiger Lehm und lehmiger Sand sind sehr schwankende Bezeichnungen. Die beiden Bodenarten sind aber leicht zu erkennen: sandiger Lehm läßt sich zu

---

[1]) Pflanzengeographische Studien über die Formation des Buchenwaldes. Inaug.-Dissert. 1901.

[2]) Das Bergell. Forstbot. Monogr. von Ernst Geiger, im Jahresber. d. naturf. Ges. Graubündens. Band 45. 1901.

[3]) Forschungen zur Deutschen Volks- und Landeskunde VII, 317—72, IX, 237—304.

[4]) Schon Schübler weist auf diese Verhältnisse hin. Grundsätze der Agrikulturchemie. 1838. Seite 9.

einer Kugel ballen, lehmiger Sand zerfällt beim Zusammendrücken immer wieder in kleinere Stücke.

Dehnt man die Untersuchung auf den Untergrund aus, so wird man in kurzer Zeit eine Vorstellung von der Beschaffenheit des Bodens erhalten. Diese Untersuchung ist einfach und geht rasch vonstatten; sie kostet wenig Zeit und ermöglicht so die Entnahme von zahlreicheren Proben.

Im praktischen Betriebe sind es die unfruchtbaren Stellen, die vielfach eine genaue Untersuchung erfordern. Bei Verkauf, Kauf, Tausch, auch Umwandlung der Holzart oder Betriebsart werden diese einfachen Methoden meistens genügen,

12. Will man genaueren Einblick in die Zusammensetzung des Bodens erhalten, so kann dies durch Schlämmen geschehen. Die durch Umrühren im Wasser suspendierten Teile setzen sich im Glaszylinder nach der Schwere geordnet ab: Steine, Sand, zuletzt Ton. Der Anteil der Feinerde läßt sich leicht feststellen. Noch genauere Resultate gibt die Untersuchung im Schlämmzylinder von Kühn.

Das Verhältnis von Ton und Sand sollte in jedem Waldgebiete, sowie in besonders wichtigen Waldteilen bekannt sein. Ton ist der Hauptträger der Fruchtbarkeit; er speichert die Nährstoffe und das Wasser auf. Zeigen die vorhandenen Bodenarten keine zu große Bindigkeit, so ist der Boden um so besser, je größer sein Tongehalt ist. Die Methode des Schlämmens, die leicht auszuführen ist, gibt einen für praktische Zwecke genügenden Aufschluß.

Jedenfalls sollte schwierigen Aufforstungen eine Bodenuntersuchung vorangehen. Viele Mißgriffe bei solchen Arbeiten würden dadurch vermieden.

Dasselbe gilt von den unfruchtbaren Stellen im Walde.

13. Kalkbestimmungen werden mit Salzsäure ausgeführt. Da ein Boden mit weniger als 1 % Kalkgehalt nicht, bei 1—2 % schwach, bei 3—5 % stark aufbraust, so haben wir ein leichtes Mittel für die Kalkbestimmung. Für forstliche Zwecke ist diese Untersuchung deshalb von geringerer Bedeutung, weil die Waldbäume auch bei einem Kalkgehalt von selbst 0,01 und darunter noch gutes Gedeihen zeigen.

14. Der Humusgehalt wird in der Regel nur auf Grund der Färbung — schwarz, schwarzbraun, gelbbraun etc. beurteilt. Bei der Anfühlung zeigt er eine weiche, milde, schwammige Beschaffenheit. Die Bestimmung des Humus durch Gewichtsverlust des geglühten Bodens wird kaum nötig werden.

Da der Humus, wie der Ton, Nährstoffe und Wasser zurückhält, so ist ein Boden um so fruchtbarer, je mehr Humus er enthält, je dunkler er gefärbt ist.

II. Der Humusgehalt des Bodens.

§ 86. Die Entstehung des Humus.

1. Untersucht man im Frühjahr in einem geschlossenen Buchenbestand die obersten Lagen und Schichten des Bodens, so ergibt sich im allgemeinen folgendes Bild: Oben liegt das im vorhergehenden Herbste abgefallene Laub. Es ist noch ganz, auch in der Farbe (gelbbraun) fast unverändert, nur die ganz oben liegenden Blätter sind etwas gebleicht. Entfernt man die Blätter des letzten Jahres, so tritt eine zweite Schichte von Laub zutage. Die Blätter dieser Schichte sind heller gefärbt, gelb bis weißlichgelb. Bei einem Teil ist das Blatt noch ganz erhalten, meistens ist es aber in einzelne größere und kleinere Stückchen zerfallen. Diese zerkleinerten Blatteile bezeichnet man nach einer neueren Vereinbarung mit Moder. Untersucht man die Lagen unter dieser Moderschicht, so finden sich solche Moderstückchen weiter zerkleinert und weiter verwest. Ein schwarzer, staubförmiger Überzug bedeckt die Blattflächen oder hat sich in dünnen Lagen angesammelt. Die schwarzen, staubförmigen Bestandteile bezeichnet man mit dem Namen Mull.

Das Laub zerfällt also zuerst in Moder und dann in einem weiteren Stadium der Verwesung in Mull.

Diese regelmäßige Lagerung der Laub-, der Moder- und der Mullschicht ist aber nicht immer vorhanden. Vielmehr ist sowohl der Moder als der Mull mit dem mineralischen Boden vermischt. Im ersteren Fall spricht man von Modererde, im letzteren Fall von Mullerde. Das Regen- und Schneewasser, der Tritt des Menschen, des Wildes, des Viehs, die Aufwühlung der Erde durch Vögel, durch Schnecken, Regenwürmer, herabfallende Äste führen diese Vermischung der Schichten herbei.

Untersucht man die noch tiefer liegenden Schichten des Mineralbodens, so sind diese von eingeschwemmtem Mull in stärkerem oder geringerem Grade braun, schwarzbraun oder schwarz gefärbt. Diese Färbung pflegt man als humose Färbung zu bezeichnen.

Die Nadeldecke zeigt bei der Untersuchung fast die gleichen Erscheinungen; auch aus den Nadeln entsteht Moder, Mull und durch Vermischung mit dem mineralischen Boden Modererde und Mullerde.

Zu diesem Moder und Mull kommen die Verwesungsprodukte von Holzteilchen, Schuppen, der Bodenflora, von Insekten, Schnecken etc. hinzu.

2. Nicht an allen Stellen eines Bestandes geht der Vermoderungs- und Verwesungsprozeß in dieser Weise vor sich. Manchmal findet sich das Laub in Schichten übereinander gelagert, verklebt und fest zusammenhängend, so daß es in Lappen abgezogen und mit dem Messer geschnitten werden kann. Dieselbe Erscheinung läßt sich auch bei

einer Nadeldecke beobachten. Die Verwesung geht in solchen Fällen langsam vor sich, so daß solche Schichten eine Mächtigkeit von 5—10 und mehr Zentimetern erreichen können. Man bezeichnet sie mit dem Namen Rohhumus oder auch Trockentorf[1]) und betrachtet sie als eine auf trockenem Grunde, nicht unter Wasser erfolgte Torfbildung. Genau bezeichnend ist weder der eine noch der andere Ausdruck. Ersterer nicht, weil vielfach noch kein Humus entstanden ist, sondern nur die schwach verwesten, oder auch ganz unverwesten Blätter und Nadeln den Boden bedecken; letztere nicht, weil eine Torf- oder torfartige Bildung vielfach nicht zu beobachten ist. Auch sind Übergänge vorhanden, die „trockentorfartig" sind.

3. Über die Unterschiede des Humusgehaltes des Bodens in horizontaler und vertikaler Richtung, unter verschiedenen Holzarten, auf verschiedenen Bodenarten enthalten die Beschreibungen der Versuchsflächen, die zur Aufstellung von Ertragstafeln dienen, zahlreiche Angaben. Diese sind meist nur kurz gefaßt („humos", „humusarm"), mehrfach ist die Höhe der schwarzgefärbten Bodenschichte angegeben.

Eine Zusammenstellung und Verarbeitung dieses aus weiten Gebieten stammenden reichhaltigen Materials ist noch nicht vorgenommen worden.

§ 87. Untersuchung von Humusproben.

1. Das bis jetzt reichhaltigste Material bot die im Jahre 1906 in Stuttgart veranstaltete Humusausstellung. Die einzelnen Humusproben habe ich genau untersucht[2]). Von den Ergebnissen dieser Studie lasse ich einen Auszug folgen.

Der internationale Verband forstlicher Versuchsanstalten hatte auf seiner 5. Versammlung in Stuttgart neue Vorschläge über die Einteilung und Benennung der Humuserden zu beraten.

Um eine sichere Unterlage für die Anträge zu erlangen und Meinungsverschiedenheiten leichter ausgleichen zu können, war eine Ausstellung von Humusproben von mir beantragt worden. Dem Antrag wurde Folge gegeben. Die Versuchsanstalten wurden eingeladen, charakteristische Proben von Waldhumus zu sammeln und einzusenden.

An der Ausstellung beteiligten sich die Versuchsanstalten folgender Länder:

---

[1]) Von dieser Bezeichnung der Humusschichten, welche vom internationalen Verband der forstl. Versuchsanstalten 1906 vereinbart wurde, weicht Ramann ([3] 172) etwas ab. Für feinere und weitergehende Unterscheidungen mag diese Bezeichnung nicht immer ausreichen. Für praktische Zwecke und die am häufigsten vorkommenden Fälle hat sie sich aber durchaus bewährt.

[2] Untersuchungen über die Bildung von Waldhumus. Ergebnisse der im Jahre 1906 in Stuttgart veranstalteten Humusausstellung. Im Auftr. des internat. Verb. Forstl. V.-A. bearb. von Dr. Anton Bühler. 2. H. der Mitt. der Württ. Forstl. V.-A. Stuttgart, Eugen Ulmer 1910.

Baden	19 Proben	Preußen	107 Proben
Dänemark . . .	3 ,,	Ungarn	12 ,,
Elsaß-Lothringen	35 ,,	Württemberg . . .	196 ,,

Es lag in der Natur der Sache, daß Württemberg die meisten Proben stellte.

Die Humusproben wurden im Walde ausgestochen und in 30—50 cm lange, 15—18 cm breite und 10—11 cm hohe Holzkistchen so eingelegt, daß die natürliche Lage der Schichten nicht verändert wurde. Beim Transporte waren aber kleine Störungen nicht ganz zu vermeiden. Die Schichten selbst waren durch Blechstücke abgeteilt, um eine sichere Abgrenzung zu erzielen.

Bei der Auswahl der Proben sollten die Verschiedenheiten des Standorts und die wichtigsten Holzarten berücksichtigt werden.

Aus dem folgenden Formular ist zu entnehmen, welche Angaben für jede Probe gemacht werden sollten.

Formular für die Aufnahme von Humus.

Land: . . . Geographische Länge und Breite: . . . . Meereshöhe: . . . Geologische Formation: . . . Bodenart: . . . Exposition: . . . Bodenfeuchtigkeit: . . . Holzart: . . . Alter: . . . Jahre. Bestand: . . . Moorgrund: . . . Klima: Jahrestemperatur: . . . °C. Niederschlagsmenge: . . . mm.

Höhe der einzelnen Schichten:

1. Laub, Nadeln, Moos cm:
2. Vermoderte Schichte cm:
3. Mit Humus gemischte Bodenschichte cm:
4. Von Humus stark gefärbte Schichte cm:
5. „ „ schwach gefärbte Schichte cm:
6. „ „ nicht mehr gefärbte Schichte cm:

Bemerkungen.

2. Die untersuchten Proben verteilen sich auf folgende Holzarten und Bestände:

1. *Abies pectinata* 47 Proben.
2. *Larix europaea* 4 Proben.
3. *Picea excelsa* 76 Proben.
4. *Pinus silvestris* 61 Proben.
5. ,, *strobus* 6 Proben
6. ,, *Laricio* 2 Proben.
7. ,, *montana* 1 Probe.
8. ,, *pumilio* 2 Proben.
9. *Pseudotsuga Douglasi* 1 Probe.
10. Gemischte Nadelholzbestände 14 Proben.
11. *Alnus glutinosa* 4 Proben.
12. ,, *incana* 2 Proben.
13. *Betula alba* 2 Proben.
14. *Carpinus betulus* 1 Probe.
15. *Fagus silvatica* 69 Proben.

16. *Fraxinus excelsior* 5 Proben.
17. *Populus alba* 1 Probe.
18. *Quercus pedunculata* } 34 Proben.
19. ,, *sessiliflora* }
20. *Robinia pseudoacacia* 2 Proben.
21 Gemischte Laubholzbestände 25 Proben.
22. Aus Nadel- und Laubholz gemischte Bestände 6 Proben.
23. Moore 7 Proben.
24. Heiden 2 Proben.
25. Sapropel 1 Probe.

In den einzelnen Kistchen waren in der Regel 7—9 einzelne Bestimmungen und Messungen auszuführen, so daß rund 3000 Schichten untersucht worden sind.

3. Die Humusproben wurden im Juli und August 1906 gesammelt. Die obersten Lagen von Laub und Nadeln rührten also vom Laub- und Nadel-Abfall des Herbstes bezw. des Winters 1905 und vielleicht bei einzelnen Nadeln des Frühjahrs 1906 her. Sie waren daher etwa 9 Monate bereits in der Zersetzung begriffen.

Durch die lockere Auflagerung, die Farbe und Konsistenz der Blätter und Nadeln war diese Schichte von 1905 sehr deutlich von der unter ihr liegenden geschieden. Diese zweite, dem Abfall aus dem Jahre 1904 entstammende Schichte war schon weiter in der Zersetzung vorgeschritten; sie war zusammengedrückt, stark entfärbt und mehr oder weniger in kleinere Bröckchen zerfallen. Bei diesen beiden Schichten konnte bezüglich der Abgrenzung nach oben und unten kaum ein Zweifel entstehen.

Dagegen war es umständlicher und schwieriger, Bestandteile des Abfalls von 1903 zu bestimmen. Es sind nur bei wenigen Proben noch Reste des Abfalls von 1903 mit Sicherheit nachweisbar gewesen. Die Farbe und der Grad der Zersetzung waren bei der Ausscheidung dieser dritten Schichte maßgebend gewesen.

Da die Proben bereits mehr oder weniger ausgetrocknet waren, so wurde je die Hälfte der Probe angefeuchtet; im nassen Zustande heben sich die einzelnen Schichten deutlicher von einander ab, als wenn sie trocken sind.

4. Die Untersuchung erstreckte sich nur auf den physikalischen Zustand der Laub- und Nadelschichten. Chemische und biologische Untersuchungen waren bei dem durch den Transport veränderten und vertrockneten Zustand der Proben ausgeschlossen.

Die Menge der auf dem Boden auflagernden Streu nach dem Gewicht oder Volumen zu bestimmen, wäre bei dem kleinen Querschnitt der Bodenproben und dem verschiedenen Trockenheitsgrad derselben sehr unsicher gewesen. Auch die Höhe der aufgelagerten Schichte konnte nicht gemessen werden, weil außerdem beim Transport Verschiebungen

eingetreten sind. So mußte die Untersuchung auf die einzelnen übereinander gelagerten Schichten von Laub und Nadeln beschränkt werden. Die Menge des Laub- und Nadelabfalls und die Höhe der auf dem Boden aufgelagerten Streuschichte muß aus anderweitigen Untersuchungen entnommen werden.

5. Die Einwirkung der verwesenden Laub- und Nadeldecke auf den unter ihr liegenden Boden ist durch weitere Untersuchungen festgestellt worden. Den Gehalt des Bodens an humosen Stoffen durch Bestimmung des prozentischen Anteils des Humus am Gewicht oder Volumen des Bodens nachzuweisen, wäre das wissenschaftlich richtigste Verfahren gewesen. Allein der verschiedene Grad der Austrocknung der Humusproben und deren Erschütterung beim Transport hätten zu großen Ungenauigkeiten geführt. Es wurde deshalb der Humusgehalt der Bodenschichten durch Schätzung bestimmt. Durch die mehr oder weniger intensive schwarze Färbung ließen sich die einzelnen Bodenschichten in den meisten Fällen deutlich abgrenzen und bei der Ausscheidung einer stark, einer schwach und einer kaum mehr gefärbten Schichte konnten nur bei der am geringsten gefärbten Schichte manchmal Zweifel entstehen. War noch ein Rest des Bodens unter der kaum mehr gefärbten Schichte vorhanden, der keinerlei Einwirkung von Humus mehr zeigte, so hatte dadurch die Einreihung der „kaum mehr gefärbten" Schichte an Sicherheit gewonnen. Die Grenzen der verschiedenen Schichten verliefen nicht in einer geraden Linie, waren meistens unregelmäßig: für die Messung wurde eine Durchschnittslinie angenommen. Die weiteren Eigenschaften des Bodens außer der humosen Färbung sind ebenfalls durch Schätzung bestimmt worden. Ob der Boden locker, krümelig, fest oder steinig ist, läßt sich meistens ohne Schwierigkeiten feststellen. Wie weit hiebei die Auf- und Einlagerung von Humus von Einfluß war, läßt sich aus solchen Proben nicht entnehmen; für genauere Resultate sind besondere Versuche nötig.

Sämtliche Untersuchungen sind unter Mitwirkung von zwei mit dem Gegenstand vollständig vertrauten und zuverlässigen Gehilfen von mir ausgeführt worden. Der ersten Aufnahme folgte eine einmalige, in zweifelhaften Fällen mehrmalige Nachprüfung. Nur an sonnig hellen Tagen konnten die Schichten und einzelnen Bestandteile mit Schärfe erkannt werden.

Die Grundtabelle umfaßt 54 Seiten. Für eingehendes Studium der Humusfrage muß auf das Original verwiesen werden.

An dieser Stelle werden nur die Hauptergebnisse in gedrängter Kürze wiedergegeben.

6. Die Tabelle 44 enthält eine Übersicht der verschiedenen Zersetzungsstadien nach Jahrgängen und eine Zusammenfassung für die Abfälle von 1905, 1904, 1903.

Tabelle 44.

Zeitdauer der Verwesung.

Holzart	Zahl der Flächen, in welchem vorhanden war: Bodenstreu noch ganz; Farbe unverändert	Bodenstreu noch ganz; gebleicht	Moder	Mull	Moder-erde	Mull-erde	Trokkentorf
1	2	3	4	5	6	7	8
I. Vom Nadel- bezw. Laubabfall von 1905; also Dauer der Zersetzung: (rund) 1 Jahr.							
Fichte	—	61	67	10	9	11	—
Tanne	—	34	45	3	6	3	—
Föhre, Lärche . . .	—	49	73	8	8	7	2
Gemischtes Nadelholz	—	10	9	—	2	2	—
Buche	2	35	67	20	29	21	7
Eiche	—	10	36	13	5	3	—
Verschied. Laubhölzer	—	5	19	7	5	6	1
Gemischtes Laubholz	—	1	6	2	4	2	—
Summe	2	205	322	63	68	55	10
II. Vom Nadel- bezw. Laubabfall von 1904; also Dauer der Zersetzung: 2 Jahre.							
Fichte	—	—	59	40	56	58	10
Tanne	—	—	41	29	41	39	2
Föhre, Lärche . . .	—	—	52	46	45	48	15
Gemischtes Nadelholz	—	—	5	5	7	7	5
Buche	—	—	38	29	50	47	2
Eiche	—	—	18	10	32	30	—
Verschied. Laubhölzer	—	—	—	—	4	4	1
Gemischtes Laubholz	—	—	9	5	11	11	2
Summe	—	—	224	164	246	244	37
III. Vom Nadel- bezw. Laubabfall von 1903; also Dauer der Zersetzung: 3 Jahre.							
Fichte	—	—	4	2	4	4	—
Tanne	—	—	2	2	2	2	4
Föhre, Lärche . . .	—	—	3	2	4	4	9
Gemischtes Nadelholz	—	—	—	—	—	—	—
Buche	—	—	4	4	5	9	1
Eiche	—	—	2	2	2	2	—
Verschied. Laubhölzer	—	—	—	—	—	—	—
Gemischtes Laubholz	—	—	—	—	—	1	—
Summe	—	—	15	12	17	22	14

Zusammenstellung.

Zeitdauer der Zersetzung							
1 Jahr	2	205	322	63	68	55	10
2 Jahre	—	—	224	164	236	244	37
3 Jahre	—	—	15	12	17	22	14
Summe	2	205	561	239	321	321	61

7. Der Gang der Verwesung läßt sich auf Grund der Tabelle 44 etwa in folgender Weise schildern:

Die Nadeln und das Laub sind nach 1 Jahr in der Zersetzung teilweise erst soweit vorgeschritten, daß in 205 Proben die obersten Schichten nur gebleicht erscheinen. Laub und Nadeln sind aber noch ganz. nicht zerbröckelt. In den meisten Proben — 322 — ist aber die Bodenstreu bereits nach 1 Jahr in Moder zerfallen. in 17 $^0/_0$ aller Proben findet sich sogar schon Mull, wenn auch in ganz geringer Menge. vor. In 18 $^0/_0$ war Modererde und Mullerde vorhanden. In 10 Proben hatte sich nach einem Jahre schon Trockentorf gebildet.

Nach 2 Jahren sind Laub und Nadeln vollständig zerfallen. Die Flächen mit Mull, namentlich aber mit Modererde und Mullerde sind sehr zahlreich geworden. Nach 1 Jahr hatten 68 Proben Modererde und 55 Mullerde gezeigt; nach 2 Jahren ist dies in 236 bezw. 244 Proben der Fall. Nach 3 Jahren sind nur noch in wenigen Proben Reste von Moder und Mull, sowie von Modererde und Mullerde nachzuweisen.

Nach 2 Jahren ist also in der Regel die vollständige Zersetzung von Laub und Nadeln eingetreten.

Ein erheblicher Unterschied zwischen den einzelnen Holzarten läßt sich nicht feststellen. Im 1. Jahr scheint der Prozeß beim Nadelholz etwas langsamer vorzuschreiten, falls nicht etwa die Witterung des Jahres 1906 von besonderem Einfluß gewesen ist.

Auffallend ist, daß bei den dänischen Buchenproben Zersetzungsprodukte nur vom Jahre 1905 zu erkennen waren. Es scheint dort nach 1 Jahre die Zersetzung vollendet zu sein. Ähnlich verhalten sich die Proben aus Preußen, wo die Reste von 1904 ebenfalls weniger zahlreich sind. Andererseits geht in Ungarn. wenigstens bei Weißtanne. die Zersetzung langsamer vor sich, als in den übrigen Ländern.

Ein entscheidender Einfluß der Meereshöhe, Regenmenge. Temperatur und der Exposition läßt sich aus den vorhandenen Proben nicht nachweisen.

Anders verhält es sich mit dem Boden. Die Reste von 1903 sind besonders auf Buntsandstein und auf den Sandsteinschichten des Keupers zu finden, was auf eine Verlangsamung der Zersetzung auf Sandboden hindeuten würde.

8. Trockentorf war in 61 Proben vorhanden. Bereits im 1. Jahr, also vom Abfall 1905 war er nur in 10 Fällen entstanden, von denen 7 der Buche angehören. Von diesen 7 Proben stammt 1 aus Dänemark, 1 aus Preußen, 5 aus Württemberg; diese letzteren gehören dem Schilfsandstein und dem Stubensandstein der Keuperformation an.

Vom Abfall von 1904, also nach zweijähriger Zersetzung. war Trockentorf in 37 Proben vorhanden; 5 gehören dem Laubholz. 32 dem Nadelholz an. 15 entfallen auf Föhre und Lärche. 10 auf Fichte. 2 auf Tanne, 5 auf die Nadelholzmischungen.

Auch vom Abfall von 1903, also nach dreijähriger Zersetzung, ließ sich noch Trockentorf nachweisen. Von den 14 Proben gehört nur 1 dem Laubholz, 13 gehören dem Nadelholz, davon 4 der Tanne, 9 der Föhre und Lärche an. Endlich weist auch der Abfall von 1902 bei 2 Buchen- und 4 Föhrenproben Trockentorf auf.

Der Anteil der einzelnen Jahrgänge und der verschiedenen Holzarten an der Trockentorfbildung ist in der folgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle 45.

Übersicht über die Trockentorfbildungen.

Holzart	Trockentorf war vorhanden in .... Proben				
	von 1905 nach 1 Jahr	von 1904 nach 2 Jahren	von 1903 nach 3 Jahren	von 1902 nach 4 Jahren	Zusammen
Fichte	—	10	—	—	10
Tanne	—	2	4	—	6
Föhre, Lärche	2	15	9	4	30
Gemischtes Nadelholz .	—	5	—	—	5
Buche	7	2	1	2	12
Eiche	—	—	—	—	—
Verschied. Laubhölzer .	1	1	—	—	2
Gemischtes Laubholz .	—	2	—	—	2
Summe	10	37	14	6	67

In 18 % aller Proben konnte Trockentorf festgestellt werden. Unter den Holzarten steht in der Trockentorfbildung die Föhre mit 30 Proben voran, dann folgt die Buche mit 12, die Fichte mit 10, die Tanne mit 6, die Nadelholzmischung mit 5 Proben. Auf das Nadelholz entfallen 51, auf das Laubholz 16 Proben mit Trockentorf.

Hierunter sind diejenigen Proben gezählt, in denen der Trockentorf vollständig ausgebildet war, d. h. Laub oder Nadeln eine zusammenhängende, schneidbare Schichte darstellen. Neben diesen finden sich noch zahlreiche Proben, in welchen eine „trockentorfartige“ Masse vorhanden war, wo also die Bildung des Trockentorfs erst begonnen hatte oder vielleicht zum Stillstand gekommen war. Es sind, mit ganz wenigen Ausnahmen, die Proben von Fichten- und Föhrennadeln, in welchen dieses Anfangsstadium der Trockentorfbildung sichtbar war.

Es waren nämlich vorhanden „trockentorfartige“ Bildungen

	in Fichtenproben	in Föhrenproben	in Tannenproben
aus Württemberg . .	9	14	10
„ Preußen	6	19	—
„ Elsaß-Lothringen	—	—	1
	15	33	11

Werden die Trockentorf- und trockentorfartigen Bildungen zusammengefaßt, so entfallen

	auf Fichte	auf Föhre	auf Tanne
in Württemberg	10 von 48 Proben	17 von 33 Proben	12 von 33 Proben
„ Preussen	9 „ 19 „	19 „ 30 „	
	19 von 67 Proben	36 von 63 Proben	12 von 33 Proben

d. h. rund $^1/_3$—$^1/_2$ aller Nadelholzproben hatten trockentorfartige Bildungen gezeigt.

Die Entnahme der Humusproben ist oben näher geschildert worden. Ob auch im großen ganzen $^1/_3$—$^1/_2$ aller Bestände Trockentorfbildungen aufweisen, muß vorerst dahingestellt bleiben. Jedenfalls ist das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung ein ungünstiges in Bezug auf die Verfassung unserer Waldböden und auch ein überraschendes, da eine solche Ausdehnung der Trockentorfbildung nicht vermutet werden konnte.

Soweit das vorliegende Material, das fast ausschließlich aus Preußen und Württemberg stammt, ein weiteres Eindringen in den Gegenstand gestattet, sollen dieser Erscheinung noch einige Worte gewidmet werden.

9. In Württemberg findet sich Trockentorf fast ausschließlich auf dem Buntsandstein des Schwarzwaldes und dem Stubensandstein in der Keuperformation bei Fichte, Föhre und Tanne; bei letzterer kommen einige Flächen aus dem schwarzen und braunen Jura hinzu. Die Flächen des mittleren Buntsandsteins sind fast ohne Ausnahme mit Trockentorfbildungen aufgeführt, während dies beim Stubensandstein nur bei etwa der Hälfte der Fall ist. Der Boden des Buntsandsteins besteht aus Sand, lehmigem Sand, tonigem Sand, auch Lehm.

Die Meereshöhe für die Buntsandsteinlagen des Schwarzwaldes beträgt 500—1000 m, die Jahrestemperatur 6—7½° C; die Niederschläge betragen 900—1600 mm, meist 1000—1200 mm. Der Stubensandstein steht unter ganz anderen klimatischen Verhältnissen. Er liegt meist nur 400—500 m über dem Meer; die Jahrestemperatur beträgt 7½—8° C; die Niederschläge erreichen nur die Höhe von 700—800 mm.

In Preußen gehören die Proben mit Trockentorf fast ausschließlich den sandigen, sandig-lehmigen, auch lehmigen Bodenarten des Diluviums, einige wenige dem Buntsandstein und dem Quadersandstein an. Die Meereshöhe beträgt vielfach unter 100 m, erreicht auch 100—200, selten 200—500 m; die Jahrestemperatur ist 8—9° C; die Niederschlagsmenge beträgt nur 400—700 mm.

Der Schluß der Bestände, aus welchen die Proben entnommen wurden, ist bald mit „licht“, bald mit „geschlossen“, manchmal mit „dicht geschlossen“ angegeben. Ein Zusammenhang des Schlusses der Bestände mit der Trockentorfbildung läßt sich aus den vorliegenden Proben nicht nachweisen.

10. Die Untersuchung des Bodens unter der Streudecke ergab ferner, daß in 24 Proben sich Bleicherde, Bleichsand und Ortstein gebildet hatte oder in der Bildung begriffen war.

Die Proben mit Ortstein gehören mit 3 Ausnahmen dem mittleren Buntsandstein an.

Ortsteinbildung war vorhanden vorherrschend in Föhren-, nur in geringem Grade in Fichten- und Tannenbeständen. In Laubholzbeständen war der Ortstein nicht vertreten.

In den 24 Proben, in denen Ortstein auftritt, ist oben stets Trockentorf vorhanden. Dagegen fanden sich weitere 43 Proben, in denen nur Trockentorf, aber kein Ortstein auftritt.

Ob zwischen Trockentorf und Ortsteinbildung ein direkter Zusammenhang besteht, kann auf Grund der vorliegenden Proben nicht gesagt werden. Man stellt sich den Prozeß gewöhnlich so vor, daß aus dem Trockentorf Humussäuren ausgelaugt werden, welche die Veränderungen im Sandstein bewirken. Ein direkter Nachweis für diesen Vorgang ist aber bis jetzt nicht geführt worden. Seitdem über die Existenz der Humussäuren neuerdings Zweifel erhoben werden, ist die Erklärung noch unsicherer geworden. Was die Geologen unter Rohhumus verstehen, nämlich die bis zu 50 cm hoch aufgelagerten Schichten von Sphagnumpolstern, Adlerfarn etc. etc. deckt sich nicht mit dem Trockentorf, der aus Laub oder Nadeln entstanden ist. Die Auslaugungsprodukte jener Rohhumusmasse, welche eine fortgesetzte Durchsäuerung des Bodens und die Abscheidung unlöslicher Humate herbeiführt, sind ohne Zweifel chemisch verschieden von den Auslaugungsprodukten des Trockentorfs.

Der mittlere Buntsandstein neigt wegen seines geringen Tongehalts ohnehin zur Ortsteinbildung. „Ortstein findet sich in besonders starker Ausbildung (im mittleren Buntsandstein) da, wo über kalk- und tonfreien Sandböden infolge des feuchtkalten Klimas große Rohhumusmassen entstanden sind.“ (Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Württemberg. Blatt Simmersfeld. Stuttgart. 1908. S. 56.)

Die Entstehung des Rohhumus, oder nach neuerdings vereinbarter Bezeichnung, des Trockentorfs ist noch keineswegs aufgeklärt. So entstanden im Versuchsgarten bei Tübingen Trockentorfschichten von Buchenlaub auf Kalk- und Tonunterlage, während sie auf Sand- und Lehmboden unter sonst gleichen Umständen sich nicht bildeten. Das Klima ist mild ($8\frac{1}{2}^0$ C) und trocken (700 mm Niederschlag). Die Versuchsgefäße waren frei aufgestellt, also der Zutritt der Luft nicht abgeschlossen.

Inwieweit die langsame Wasserbewegung im Buntsandsteinboden eine Rolle spielt, wird weiterer Untersuchung vorbehalten bleiben müssen. Freiliegender Buntsandsteinboden ist mit einer bis zu 1 cm starken Kruste

bedeckt, welche das Einsickern des Regenwassers sehr erschwert. Der aufliegende Nadelabfall liegt zumal bei hohen Niederschlägen längere Zeit im Wasser, was vielleicht die Trockentorfbildung fördert. Inwieweit im Schwarzwald die von November bis April sich haltende Schneedecke von Einfluß ist, muß noch untersucht werden.

Unter denselben äußeren Verhältnissen, unter welchen in Buchenlaub Trockentorf sich bildete, ist solcher in Föhrennadeln nicht entstanden. Weitere Untersuchungen sind demnach nötig, um uns Klarheit über die Vorgänge bei der Trockentorfbildung zu verschaffen.

11. Der Boden unter der Streudecke zeigt eine mehr oder weniger dunkle, braune, meist schwarze Färbung. Diese Färbung ist am intensivsten in den oberen Schichten und wird immer geringer in den tieferen Schichten.

Die Tiefe der einzelnen Schichten ist gemessen und der Befund in der abgekürzten Form „stark gefärbt“ etc. beschrieben worden. In der Tabelle 46 sind die Ergebnisse zusammengestellt.

Tabelle 46.

Farbe des Bodens unter der Laub- und Nadeldecke.

Tiefe der Bodenschichte cm	Fichte	Tanne	Föhre Lärche	Gemischte Nadelhölzer	Buche	Eiche	Verschiedene Laubhölzer	Gemischte Laubhölzer
			I. Stark gefärbt. Zahl der Proben.					
1—10	47	32	51	3	42	21	5	4
11—20	15	9	11	3	18	7	—	5
21—30	7	—	3	1	4	2	1	7
31—40	1	—	—	—	—	—	—	—
41—50	1	1	2	2	1	1	1	1
Summe	71	42	67	9	65	31	7	17
			II. Schwach gefärbt. Zahl der Proben.					
1—10	2	10	8	3	2	1	—	1
11—20	12	9	10	—	14	11	1	1
21—30	33	17	37	1	32	18	2	5
31—40	8	5	9	2	7	1	—	1
41—50	11	2	10	4	9	2	3	4
Summe	66	43	74	10	64	33	6	12
			III. Kaum mehr gefärbt. Zahl der Proben.					
1—10	—	—	1	—	—	—	—	—
11—20	—	1	1	—	—	—	—	—
21—30	6	3	5	—	12	10	—	1
31—40	3	12	4	1	4	4	—	1
41—50	37	23	22	3	21	9	3	2
Summe	46	39	33	4	37	23	3	4

Zusammenstellung.

Tiefe der Bodenschichte cm	Der Boden ist schwarz gefärbt stark	schwach	kaum mehr	Summe
1—10	205	27	1	233
11—20	68	58	2	128
21—30	25	145	37	207
31—40	1	33	29	63
41—50	10	45	120	175
	309	308	189	806

Die schwarze Färbung ist in einer Tiefe von 41—50 cm noch zu erkennen. Die Schichten von 11 cm, namentlich aber von 21 cm an sind in der Regel nur schwach gefärbt. Die starke Färbung reicht in der Hauptsache nur bis zu einer Tiefe von 10 cm, doch ist in einigen Proben auch in der Tiefe von 11—20 und 21—30 cm die schwarze Färbung noch intensiv, ausnahmsweise sind sogar die Schichten von 31—50 cm noch stark gefärbt. Andererseits kommt es auch vor, daß die obersten beiden Schichten nur schwach oder kaum gefärbt sind.

Die Holzarten zeigen keine wesentlichen Unterschiede. Immerhin mag hervorgehoben sein, daß die starke Färbung bei Tanne nie, und bei Föhre, Lärche und den Laubhölzern selten tiefer als 20 cm hinabreicht.

Schwache Färbung der obersten Schichte kommt hauptsächlich bei den Nadelhölzern vor.

Da die schwarze Färbung in den Schichten von 1—30 cm vorhanden ist, so sind diejenigen Schichten humos gefärbt, in denen sich die meisten Wurzeln auch der älteren Bäume ausbreiten.

Ein entscheidender Einfluß der Bodenart ist nicht nachweisbar; bei denselben Bodenarten reicht die stark schwarz gefärbte Schichte bald 1—5, bald 8—10 und mehr cm hinab. Auch ein Einfluß der geographischen Lage läßt sich nicht feststellen.

Die schwarze Färbung der Bodenschichten rührt, wie man gewöhnlich annimmt, vom Humus her. Unter Humus versteht man die bei der Verwesung von Laub und Nadeln zurückbleibenden festen Bestandteile, die sich innig mit dem Boden vermengen. Bei weiterer Oxydation würde aus dem Humus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser entstehen. Man unterschied bisher verschiedene Humussäuren, deren Existenz aber neuerdings von Baumann bestritten wird (Untersuchungen über die Humussäuren in Mitteilungen der k. Bayer. Moorkulturanstalt. 1909. Heft 3, S. 52—123). Die weitere Untersuchung muß den Agrikulturchemikern überlassen werden.

Daß die schwarze Färbung des Bodens von der Vermischung mit Mull herrührt, ist für die oberste Schichte außer Zweifel; weniger aufgeklärt ist die Färbung der tieferen Schichten. Oben ist es eine mehr

mechanische Vermengung von Mull und Boden. Inwieweit chemische Vorgänge dabei eine Rolle spielen, ist unentschieden.

12. Aus Versuchen im Versuchsgarten bei Tübingen mögen noch einige Beobachtungen angeführt sein, welche diese Prozesse etwas aufzuhellen geeignet sind.

Unter einer 5 cm hohen Schicht von Fichtennadeln, welche unter lichtem Schluß von alten Buchen auf Lehmboden während 5 Jahren der Verwesung ausgesetzt waren, hat sich eine lockere, schwarzgefärbte Schicht von Mullerde in einer Mächtigkeit von 1 cm gebildet.

Ferner sind daselbst Laub und Nadeln in einem Drahtgeflecht der Verwesung im Freien ausgesetzt worden. Das bei Regen durch das Laub und die Nadeln durchgeflossene Wasser wird in einem Glasgefäß aufgefangen. Diese Flüssigkeit hat je nach der Holzart eine gelbe, braune bis tiefschwarze Farbe. Läßt man das Wasser verdunsten, so bildet sich an der Glaswand ein leichter braun gefärbter Beschlag, der sich im kalten Wasser löst und die ursprüngliche Färbung des Wassers wieder herstellt.

Läßt man dagegen das abfließende Regenwasser durch eine 10 cm dicke Schicht von Lehm fließen, so ist das aufgefangene Wasser vollständig oder fast vollständig hell; die das Wasser braun oder schwarz färbende Substanz ist vom Boden festgehalten oder absorbiert worden. Welche chemischen, physikalischen und biologischen Prozesse sich hiebei entwickeln, muß vorerst dahingestellt bleiben.

Untersucht man endlich den Boden, durch welchen einige Jahre das Wasser durchsickerte, so ist er von diesem Wasser deutlich verändert, nämlich dunkler gefärbt worden. Über die vom Wasser ausgelaugten Salze etc. sind schon Untersuchungen angestellt worden[1]). Kali und Schwefelsäure werden am leichtesten ausgelaugt, in geringerer Quantität Phosphorsäure und Magnesia, in kleiner Menge Kalk und Eisen.

Die Färbung der tieferen Bodenschichten rührt wohl nicht von der mechanischen Einlagerung von Mull her; diese wäre nur in Rissen und Röhren, die im Boden vorhanden sind, möglich. Es werden vielmehr die im Wasser gelösten Auslaugungsprodukte sein, welche nach Sättigung der oberen Bodenschichten ziemlich unverändert in die tieferen Schichten vordringen und dort die dunklere Färbung des Bodens hervorbringen.

Noch umfangreiche Untersuchungen und Versuche werden nötig sein, um den äußerst verwickelten Vorgang der Humusbildung vollständig klarlegen zu können.

Weitere Untersuchungen über die Verwesung von Laub und Nadeln sind im Versuchsgarten Großholz seit 1905 im Gange. Sie sind aber noch nicht abgeschlossen; einige Ergebnisse werden unten erwähnt werden.

---

[1]) Ramann, Bodenkunde 1893, S. 276. Schröter, Forstchem. Unters. 1878, S. 94. Wollny, Zersetzung der org. Stoffe, S. 308.

§ 88. **Die waldbauliche Bedeutung des Humus.**

1. Die Untersuchungen über die chemischen, physikalischen und biologischen Veränderungen von Laub und Nadeln sind Aufgabe der Agrikulturchemie. Hier kann es sich nur um die praktische Bedeutung des Humus und die allgemeinen Erklärungen der Humusbildung handeln.

Die stark gefärbte, also humusreiche Schichte des Bodens hat meistens nur eine Tiefe von 1—10 cm. Angestellte Untersuchungen bei Saaten haben aber ergeben, daß eine Humusschicht von nur 1—2 cm, mit welcher die Samen bedeckt wurden, einen sehr günstigen Einfluß auf das Keimen der Samen und das Wachstum der jungen Pflanzen ausübt [1]). Die natürliche Verjüngung stellt sich auf kleinen, vertieften, mit Laub und Humus versehenen Stellen reichlich ein, während sie, unmittelbar daneben auf den humusarmen Stellen spärlich erscheint oder auch ganz fehlt.

Diese Förderung der Keimung der Samen und des Wachstums der Keimpflanzen, wie überhaupt die Bedeutung des Humus geht aus seinen Einwirkungen auf den chemischen und physikalischen Bodenzustand hervor.

2. Bei der Verwesung der Pflanzenabfälle entstehen als Endprodukte Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, während die Mineralstoffe frei werden. Der Humus ist also eine nachhaltige Quelle der Kohlensäure und des Stickstoffs [2]).

3. Der Humus ist sodann neben den wasserhaltigen Silikaten (Tonerde etc.) der wichtigste Träger der Absorption und damit der Pflanzennährstoffe im Boden. „Sehr stark gebunden werden Salze mit schwachen Säuren, zumal mit Pflanzensäuren; hiebei werden die basischen Bestandteile viel stärker gebunden, als die sauren, obgleich z. B. auch Phosphorsäure in erheblicher Menge aufgenommen wird. Stark gebunden werden alle Basen: Kali, Natron, Kalk und sehr stark Ammon [3]).“

Das leichte Ankommen der Verjüngung im humosen Boden, sowie das üppige Wachstum junger Pflanzen auf Neubrüchen finden in dieser Anreicherung der obersten Schichte mit Nährstoffen ihre Erklärung.

Durch die Kohlensäure wird die Zersetzung der organischen Stoffe und die Verwitterung des Bodens befördert, wodurch die Mineralbestandteile leichter löslich werden.

4. Der mechanische Zustand des Bodens wird durch Humuseinlagerung verändert. Fester Boden wird locker und krümelig; Sand wird gebunden und ebenfalls krümelig. Dadurch wird insbesondere die

[1]) Kern, Versuche über verschiedene Bedeckung der Waldsamen. Mitt. der Württ. V.-A. 1,80. Bühler, Saatversuche. Mitt. der Schweiz. V.-A. 1,129. 290. 2,42. „Die Humusbeete hatten einen Vorsprung von 8—10 Tagen.“

[2]) Ramann [3] 164.

[3]) Ramann [3] 67.

Durchlüftbarkeit gesteigert, auch der Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur verändert.

Wegen der Porosität leitet der Humus die Wärme weniger, wodurch die Gegensätze in der Bodentemperatur abgeschwächt werden.

5. Die Wasserkapazität des Bodens wird durch die Humusbeimischung erhöht, weil die Humusstoffe das Wasser festhalten und die Zwischenräume im Boden mit Wasser ausgefüllt werden. Humoser Boden wird in geringerem Grade der Auswaschung unterliegen, als humusloser.[1])

6. Durch das Zusammenwirken dieser chemischen und physikalischen Faktoren mit den Spalt- und Fadenpilzen entsteht jener Bodenzustand, den wir als Gare bezeichnen.

Was die Landwirtschaft als erstrebenswertes Ziel der Bodenbearbeitung betrachtet, nämlich Herstellung der Krümelstruktur und der Gare[2]), muß auch im Walde zu erreichen gesucht werden. Da die Bodenbearbeitung sehr zurücktritt, muß der Garezustand durch die Waldbehandlung herbeigeführt werden. Dies geschieht durch Beschattung und Humuserzeugung. Wie die Vorgänge im einzelnen und kleinen sich abspielen, ist freilich noch wenig erforscht. Auch im Walde muß das Ziel der Wissenschaft sein[3]), die Bodengare zu erklären und die Ursachen ihrer Entstehung nachzuweisen)[4].

7. Die Menge der im Boden vorhandenen Humusstoffe gibt zu den Bezeichnungen schwach, mäßig, stark humos, humusreich Anlaß. Ramann[5]) weist darauf hin, daß für genauere Grenzen Sand- und Lehmböden, überhaupt leichte und schwerere Böden getrennt werden müssen. „Ein Gehalt von 10 % Humus gibt z. B. dem Sandboden schon überwiegend den Charakter eines Humusbodens, während ein Lehmboden nur als humushaltig erscheint. Er stellt die verschiedenen Bodenarten in einer Tabelle einander gegenüber, die ich folgen lasse:

	Schwere Böden	Sandböden
humusarm . .	bis 2 % des Gewichtes	bis 1 % des Gewichtes
humushaltig . .	2—5 %	1—2 %
humos	5—10 %	2—4 %
humusreich . .	10—15 %	4—8 %
humusüberreich	über 15 %	über 8 %

Leider sind Ermittelungen des Gewichtes von Waldhumus bis jetzt sehr selten vorgenommen worden.

---

[1]) Ramann [3]168.

[2]) Rümker, Der Boden. [5]66.

[3]) Rümker 69.

[4]) Löhnis, Vorlesungen über Bodenbakt. Seite 353.

[5]) Ramann [3]170.

§ 89. Trockentorf. Rohhumus. Heidehumus. Moorhumus.

1. Die Verwesung der pflanzlichen Abfälle geht unvollkommen vor sich, wenn die Temperatur zu niedrig oder die Feuchtigkeit zu hoch ist.

In beiden Fällen sammeln sich Laub und Nadeln zu mehr oder weniger hohen Schichten an, die man unter dem Namen Rohhumus oder Trockentorf zusammengefaßt hat.

Hauptsächlich wegen zu geringen Luftzutritts und des Ausschlusses der Bakterien bleiben Nadeln und Laub jahrelang fast unverändert; insbesondere die Nadeln lagern sich dicht zusammen, so daß das Wasser kaum eindringen kann. Die Nadeln von Lärchen verfilzen sich bei einer Auflagerung von 15 cm zu dichten zusammenhängenden Lappen, die sich in großen Stücken abziehen lassen. Läßt man die Schichten einige Jahre offen liegen, so gehen sie aber vollständig in Verwesung über.

Wieweit die Verwesung im Walde durch den Zutritt von Luft und Wärme befördert werden kann, ist noch keineswegs geklärt. Die Feuchtigkeit scheint ausschlaggebend zu sein; im Waldesschatten geht die Verwesung rascher vor sich, als daneben im Freien. Nur Versuche können in dieses Gebiet Klarheit bringen. Daß die Bildung von Rohhumus im allgemeinen vom Klima abhängig ist, steht außer Zweifel[1]).

Die Rohhumus- und Trockentorfbildung ist jedenfalls auch vom Boden beeinflußt, wovon bereits ein Beispiel genannt worden ist.

Wie sehr dieses ganze Gebiet noch der näheren Untersuchung bedarf, geht aus einer anderen Tatsache hervor. Im Versuchsgarten habe ich seit 1905, wie oben erwähnt, Verwesungsversuche eingerichtet. Ein Teil des Laubes wurde auf dem Boden gelagert, ein anderer Teil Laub und Nadeln verschiedener Holzarten in Drahtkörben der Einwirkung der Sonne, des Regens und des Windes ausgesetzt. Nach der allgemeinen Annahme müßte in letzterem Falle die Bildung von Rohhumus oder Trockentorf eintreten. Dies ist aber nicht der Fall. Vielmehr ist aus dem Laube von Ahorn, Eschen ganz normaler Mull entstanden.

2. Eine besondere Art von Rohhumus bildet sich bei langdauernder Sonnenbestrahlung und zu starker Austrocknung, wie sie an Waldrändern, Wegen und Lücken vorkommt. Vermoderte Laubteile wechseln mit torfartigem Humus in allen Verwesungsstadien. Grebe[2]) unterscheidet Hagerhumus und kohligen Humus; ersteren fand er am häufigsten in Buchenschlägen, die zu licht gestellt wurden, letzteren vorzugsweise auf armem, ausgehagertem Sandboden. Beschattung

---

[1]) Literatur außer Ramann: Müller, Studien über die natürl. Humusformen. 1887. Wollny, Die Zersetzung der organ. Stoffe und die Humusbildungen. 1897. Graf zu Leiningen, Über Humusablagerungen in den Kalkalpen. Naturw. Zeitschrift für Forst- u. Landw. 1908, 529. 1909, 8 ff.; in den Zentralalpen 1912, 465 ff.

[2]) a. a. O. [2] 165.

oder Vermengung mit dem Mineralboden leiten die weitere Verwesung wieder ein.

Der Staubhumus Grebes, der aus ausgewitterten, unverwesbaren Humusresten besteht, vom Winde leicht verweht wird, findet sich zuweilen auf heißem, steinigem Kalkboden (insbesondere der Juraformation), neben kohligem, torfartigem Humus.

Die Humusarten Grebes bespricht unter teilweise anderer Gruppierung Ramann[1]) eingehend. Diese Bildungen sind vorherrschend lokaler Natur (Küstengebiete, Heiden); in Süddeutschland und der Schweiz sind sie seltener und nur in kleiner Ausdehnung anzutreffen.

Als Trockentorfbildner nennt Ramann: Föhre, Eiche, Fichte, Buche. Er beschreibt den Trockentorf jeder dieser Arten ausführlich.

3. Von diesem Rohhumus oder Trockentorf, der aus Laub und Nadeln und sonstigen Abfällen hervorgeht, sollte der Rohhumus, der unter Heide, Heidelbeere, Preißelbeere sich bildet, geschieden werden. Allerdings ist bei letzterem auch der Abfall von Nadeln und Laub beteiligt; aber dessen Anteil tritt hinter den Bildungen aus Heide etc. sehr zurück. Die aus den Wurzeln und Stengeln der Heide und Heidelbeere in Verbindung mit Humus entstehenden Schichten sind holzig, faserig, verfilzt; in feuchtem Zustande meist speckig und dicht gelagert. Durch holzige, eingelagerte Teile kann stellenweise eine Lockerung eintreten. Das charakteristische Merkmal dieser Rohhumusbildung bleibt aber die Verfilzung der obersten Bodenschichte. Manchmal findet sich zwischen Heide und Heidelbeere noch Moos eingelagert, so daß die Erscheinungen im Boden noch verwickelter werden.

4. Über die Heide sind hauptsächlich pflanzengeographische, weniger agrikulturchemische Forschungen vorhanden. Die meisten stammen aus Nord- und Nordwestdeutschland, wo die Kultivierung ausgedehnter Heide- und Moorflächen das Studium der Heidevegetation hervorrufen mußte. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Untersuchungen gibt Gräbner[2]). Er rechnet zu den Heidepflanzen *Juniperus*, *Calluna*, *Erica*, *Empetrum* und bemerkt, daß sie sowohl auf ganz nassen Mooren, als auf trockenen, sandigen Plätzen zu wachsen vermögen[3]); ein vollständiges Austrocknen des Bodens könne aber keine der echten Heidepflanzen ertragen. ,,Ein unbedingtes Erfordernis für das Gedeihen der Heidepflanzen ist das Vorhandensein eines nährstoffarmen Substrates; sobald der Heide- oder Heidemoorboden gedüngt wird, verschwindet die Heidevegetation ganz". Dies rühre nicht nur

---

[1]) a. a. O. [3] 192 ff.

[2]) Die Heide Norddeutschlands und die sich anschließenden Formationen in biologischer Betrachtung. 1901. Das Literaturverzeichnis umfaßt 12 Seiten. Abweichende Erfahrungen gegenüber einzelnen Sätzen Gräbners bei Erdmann, Die nordwestd. Heide in forstl. Beziehung. 1907.

[3]) a. a O. 142.

von der Konkurrenz anderer Pflanzen her. „sondern die Heidepflanzen sind auch tatsächlich, wie ich mich durch Kultur mehrfach überzeugt habe, nicht imstande, größere Nährstoffmengen, die für andere Pflanzen noch gering erscheinen, zu verarbeiten.“ Gräbner kommt zu dem Schlusse: „gleichmäßig feuchte Luft und nährstoffarmer Boden sind die Haupterfordernisse für das üppige Gedeihen der Heidepflanzen[1]).“

Schröter[2]), der die schweizerischen Verhältnisse im Auge hat, hebt ebenfalls hervor, daß die Heide sowohl auf dem trockensten ärmsten Sandboden, als auf dem nassen Moorboden wachse, immer aber sei sie ein ausgesprochener Magerkeitszeiger, eine Pflanze mineralarmen Bodens. die durch Düngung direkt geschädigt werde.

Ganz einfach liegen diese Verhältnisse jedoch nicht. Im Versuchsgarten Großholz habe ich auf besten Lehmboden die Heide verpflanzt und seit 1910 ohne jede Beimischung erzogen. Die Anzucht der Heide ist jedoch nicht leicht; auf 10 verschiedenen, z. T. sandigen Bodenarten habe ich weitere Versuche seit Herbst 1912 eingeleitet, aber von Samen noch keine Heidebestockung erzielt[3]).

Die Entstehung des Heidehumus, des pulverförmigen, schwarzbraunen Rückstands dieser Pflanzen wird erst durch weitere Untersuchungen aufgeklärt werden müssen. Die Ansiedlung von Heide und Heidelbeere findet scheinbar ganz regellos statt. In geschlossenen Beständen aller Holzarten finden sich Plätze von 1 bis 10 und 50 qm mit Heidelbeere überzogen, während ringsum die Laub- und Nadeldecke sich erhalten hat. Ebenso pflegt an Weg- und Grabenrändern auf sonst gutem Boden die Heide oft nur in kleinen Büschen aufzutreten.

5. Unter den Moosen bilden sich Humusschichten verschiedener Art. Unter den Hypnumarten findet sich in der Regel ein lockerer, milder Humus; doch gibt es auch Verhältnisse. in denen Trockentorf oder trockentorfartige Bildungen auftreten.

Die Polytrichumarten verhalten sich ungünstiger. der Boden unter ihnen ist speckig, vielfach ohne Humuseinlagerung.

Die Weißmoose (*Sphagnum*, *Leucobryum*) speichern sehr viel Wasser auf; sie kommen fast nur auf Rohhumus vor (Ramann) und sind Zeichen beginnender Vernässung und Versumpfung. Ihr Auftreten ist ebenso regellos, als das der Heidelbeere, zwischen welcher sie sich ansiedeln.

6. Der Moorhumus und der nicht immer leicht von ihm zu trennende Torfhumus, sind dem mineralischen Boden in mehr oder weniger hohen Schichten aufgelagert. Sie verhalten sich dann physikalisch, wie die

---

[1]) a. a. O. 143. 144.

[2]) Pflanzenleben d. Alpen. 149.

[3]) In diesem Zusammenhang mag auf Kraus a. a. O. 59 verwiesen werden. Heide und Heidelbeere gelten als kalkscheue Kieselpflanzen. Kraus fand sie aber auf Boden mit 3.41 % Kalk.

sonstigen Humusarten, sind aber vielfach sauer. Der Torfhumus, der oft viele Meter mächtig ist, spielt die Rolle eines eigentlichen Bodens („Torfboden"), in dem die organische Substanz mit mehr als 90 % weit überwiegt; der Aschengehalt schwankt meistens zwischen 1—4 %[1]). Von Bäumen wachsen auf solchen Torfflächen die Sumpfföhre, gewöhnliche Föhre, Birke, Aspe, verschiedene Weidenarten, Pulverholz, auch Eiche, Schwarzerle, Fichte.

Eine monographische Behandlung der Torfmoore vom forstlichen Standpunkt aus ist ein dringendes Bedürfnis[2]).

7. Eine Hauptaufgabe der praktischen Wirtschaft ist die Sorge für die Bildung und regelmäßige Zersetzung des Waldhumus. Wie sich unten ergeben wird, besteht das Mittel hiezu in der Beschattung des Bodens, sei es durch junge Pflanzen, sei es durch die Kronen der älteren Bäume, insbesondere durch die Mischung von Laub- und Nadelbäumen. Weniger sicher ist das Vorgehen bei Vorhandensein von Rohhumus; jedenfalls muß aber hier umgekehrt für die Zufuhr von Licht und Wärme gesorgt werden. Die Bodenverhältnisse sind aber vielfach so ungünstig, durch die Gefahr des Austrocknens, daß die praktische Aufgabe zu den schwierigsten gehört, die dem Wirtschafter gestellt werden können.

III. Der Wassergehalt des Bodens.

§ 90. ### Allgemeines.

1. Der Wasserbedarf der Waldbäume ist seiner Menge nach nicht genauer erforscht. Die Ergebnisse der Untersuchungen, welche an freistehenden Bäumen mit voll entwickelten Kronen angestellt wurden, können nicht auf den geschlossenen Wald übertragen werden.

Im Holze der Waldbäume ist, wie Untersuchungen ergeben haben, eine Wassermenge aufgespeichert, welche bis zu 50 % und darüber vom Gewichte des Holzes ausmacht. In einem alten Bestande mit 1000 Fm Holzmasse (à 600 kg) wären demnach pro Hektar ca. 300 000 kg Wasser enthalten, was einer Niederschlagsmenge von 30 mm gleichkommt.

Viel bedeutender, freilich nicht genau bekannt, ist die Wassermenge, welche die Pflanzen für die Transpiration in Anspruch nehmen[3]).

---

[1]) Vgl. Ramann [3] 231—239.

[2]) Literatur: Die pflanzengeogr. Werke. Für Ostdeutschland: Groß, Ostpreußens Moore. 1912. Die Entwicklung der Moorkultur in den letzten 25 Jahren. 1908. Mitteilungen über die Arbeiten der Moorversuchsstation in Bremen. Mitteilungen der Bayer. Moorkultur-Anstalt.

[3]) Müller-Thurgau hat gefunden, daß pro qm Blattfläche und pro Stunde verdunsten: Reben 5,0—7,6 g, Birnblätter 58,0, Apfelblätter 84,7 g. Mitteil. der thurg. naturf. Ges. 10. Heft.

Dieses Wasserquantum muß von den Wurzeln aus dem Boden, der das Wasser mechanisch festhält, aufgenommen werden können. Ob eine Kondensation von Wasserdampf durch die Blätter stattfindet, ist nicht außer Zweifel gestellt; jedenfalls ist die so gewonnene Wassermenge nur unbedeutend.

2. Die Beobachtung lehrt, daß durch zu geringen und durch zu hohen Wassergehalt des Bodens das Wachstum der Pflanzen geschädigt wird.

Die Forschung wird auch für die Waldwirtschaft festzustellen suchen, bei welchem Wasservorrate das Wachstum am besten sich gestaltet.

Auf landwirtschaftlichem Gebiete ist nachgewiesen, daß bei einem Wassergehalt von 50—60 % der Wasserkapazität das Maximum des Ertrages erzielt wird. (Bald sind Gewichtsprozente, bald Prozente der Wasserkapazität der Rechnung zugrunde gelegt; diese Unsicherheit kann vorerst außer Betracht bleiben.)

3. Der Wassergehalt des Bodens muß stets in Beziehung zu den übrigen Wachstumsfaktoren (Licht, Luftzutritt, Wärme, Humusgehalt etc.) gesetzt werden. Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß die mit dem Wassergehalt des Bodens zusammenhängenden Erscheinungen komplizierter Natur sind.

4. Die Frage des Wasservorrates im Boden muß in der praktischen Wirtschaft sehr oft in Erwägung gezogen werden. Bei Entwässerungen und Bewässerungen tritt ihre Bedeutung am klarsten hervor. In zahlreichen anderen Fällen wirkt sie ebenfalls entscheidend auf die praktischen Maßnahmen ein: bei Trockenlegen von Seen, Weihern, Sümpfen, Mooren, bei Bach- und Flußkorrektionen, bei Anlage von Talsperren, Stauwehren, bei Bachverbauungen, bei Errichtung von Wasserleitungen, bei Wasserabgabe für industrielle Zwecke (Kanalbauten). Selbst Weganlagen am Hange können ungünstige Veränderungen im Wasservorrat oberhalb und unterhalb des Weges hervorrufen. Die Wahl der Kulturart auf Waldboden wird teilweise von den Wasserverhältnissen abhängen; am Bache oder Flusse kann Wiesenbau, auf sauren, sumpfigen Böden die Anlage von Streuwiesen sich empfehlen.

5. Im waldbaulichen Betriebe selbst ist der Wassergehalt des Bodens geradezu entscheidend bei Wahl der Holzart (Erle, Weide, Esche—Föhre, Schwarzföhre), bei Anwendung von Saat oder Pflanzung, natürlicher oder künstlicher Verjüngung, bei Durchforstungen und Lichtungen. Der Wassergehalt des Bodens beeinflußt die praktischen Maßregeln am Süd- und Nordhange, auf Sand- oder Lehmboden. Kurz: der ganze waldbauliche Charakter eines Gebietes, ja selbst kleiner Waldflecke ist vom Wasservorrat im Boden bestimmt (ungarische oder norddeutsche Sand-, süddeutsche Lehmböden etc.). Für die wissen-

schaftliche Forschung, wie die praktische Beobachtung erwachsen aus der Bedeutung des Wasservorrates im Boden zahlreiche Aufgaben, an deren Lösung seit Jahrzehnten insbesondere die landwirtschaftlichen Institute und Versuchsstationen, weniger die forstwissenschaftlichen Lehranstalten sich beteiligt haben.

6. Die wichtigste Quelle der Bodenfeuchtigkeit sind die Niederschläge. Die Frage, ob eine nennenswerte Menge von Wasser durch Kondensation im Boden gewonnen wird, muß als unentschieden bezeichnet werden.

Die Niederschlagsmengen, die in § 52 mitgeteilt sind, ergeben pro Hektar eine Wassermenge, die gewöhnlich unterschätzt wird. 1000 mm Niederschlagsmenge an Regen und Schnee ergeben pro qm 1000 Liter, also pro ha 10 Mill. Liter im Jahr. Bei den geringsten Niederschlagsmengen von 400—500 mm berechnen sich 4—5 Mill., bei den höchsten von 2500 mm dagegen 25 Mill. Liter auf 1 ha.

Oben (§ 56) sahen wir, welche Wassermengen durch die Baumkronen zurückgehalten werden; sie betragen 2—4 Mill. Liter pro ha.

Da die Wassermenge im Boden von den Niederschlägen abhängig ist, so müssen alle geographischen und zeitlichen Änderungen der Niederschläge auch im Wassergehalt des Bodens sich bemerkbar machen. Die Wasserverhältnisse des Bodens müssen nach Gegenden und Jahren verschieden sein.

Wo Grundwasser, Druckwasser oder Horizontalwasser auftritt, spielt die Neigung und Lagerung des Bodens, der Wechsel von durchlassenden und undurchlassenden Schichten die Hauptrolle bei der Verteilung und Leitung des von den Niederschlägen herrührenden Wassers.

Das Verhalten des Bodens überhaupt und die besonderen Eigenschaften jeder Bodenart in Bezug auf den Wasservorrat sollen nun näher betrachtet werden.

7. Die Vorgänge im kahlen Boden bei und nach einem Niederschlage lassen sich in folgende Übersicht bringen:

a) Ein Teil des Wassers fließt oberflächlich ab. Auf Steinen, sehr festem oder gefrorenem Boden wird fast die ganze Regenmenge zum Abfluß kommen.

b) Ein Teil des auffallenden Wassers verdunstet. Genauere Untersuchungen über diese Mengen fehlen, weil sie im großen sehr schwierig anzustellen sind.

c) Ein Teil des Wassers sickert durch die großen und kleinen Hohlräume, die sich im Boden befinden, in diesen ein.

d) Von dem eingesickerten Wasser wird ein Teil vom Boden festgehalten.

e) Der übrig bleibende Teil sickert in größere Tiefen ab (sog. Sickerwasser), bis eine undurchlassende Schicht das weitere

Versinken hindert. Auf dieser Schicht sammelt sich das Wasser an als sog. Grundwasser. Ist die undurchlassende Schicht geneigt, so fließt das Wasser zum größten Teile ab, tritt als Quelle zu Tage und gelangt schließlich in die Bäche und Flüsse.

f) Durch die kapillar wirkenden Hohlräume des Bodens steigt ein Teil des Wassers nach oben und wird, wenn es bis in die oberste Erdschichte gelangt, verdunsten.

Die Steighöhe des Wassers ist mehrfach gemessen worden. Die Resultate sind ziemlich übereinstimmend. Im großen ganzen kann die Höhe, bis zu welcher das Wasser kapillar gehoben wird, auf 70—80 cm angenommen werden.

Bei tiefgründigem Boden ist dieses Aufsteigen des Wassers ein nicht unwesentlicher Faktor der Fruchtbarkeit.

8. Bei bewachsenem Boden werden die Vorgänge durch die Pflanzen mehr oder weniger modifiziert. Die wichtigste Änderung besteht darin, daß von den Wurzeln ein Teil des Wassers aufgenommen, zum Stamm und zu den Blättern geleitet wird und durch diese verdunstet. Je üppiger die Vegetation ist, um so größer wird die von den Pflanzen aufgenommene und verdunstete Wassermenge sein. Je tiefer die Wurzeln einer Pflanze gehen, um so mehr werden die unteren Lagen des Bodens dem Wasserentzug unterliegen.

Durch die Pflanzen, insbesondere durch Bäume, werden auch die sonstigen Vorgänge in der Wasserverteilung beeinflußt. Es gelangt unter den Bäumen weniger Wasser zum Boden; das oberflächliche Abfließen ist durch Laub und Moos fast vollständig verhindert; die Verdunstung des Wassers aus dem Boden ist herabgesetzt; endlich ist das Einsickern in den Boden durch die Bodendecke und festere Lagerung des Waldbodens verändert und verlangsamt.

§ 91. Die Sickerwassermengen.

1. Die ältesten Untersuchungen über Sickerwassermengen führt Wollny an. Schon vor 130 Jahren haben sich die Forscher für die Sickerwasser interessiert.

In neuerer Zeit wurden Untersuchungen in England (Manchester, Abbotshille, Holmfield, Lee Bridge) in Nyon am Genfersee, in Deutschland (Görlitz, Tharandt, Erlangen), in Österreich (Salzburg, Döbling bei Wien) angestellt. Von der Niederschlagsmenge betrugen die Sickerwassermengen in England 25—42 %, in Görlitz 28—40, Tharandt 41—59, Salzburg 54—64, Döbling 27—38 %.

20jährige Untersuchungen (1870—90) auf der englischen Versuchsstation Rothamsted ergaben, daß von einer durchschnittlichen Nieder-

schlagsmenge von 769 mm rund 48 % (= 369 mm) durch den Boden sickerten[1]).

2. Ebermayer[2]) stellte 1868—69 Untersuchungen sowohl im Freien, als im Walde an; im letzteren mit und ohne Streudecke. Er fand, daß im Freien 54 %, im kahlen Waldboden 67, in dem mit Streu bedeckten Waldboden 74 % der Niederschlagsmenge durchsickerten. Im Jahre 1886 fand Ebermayer[3]), daß von 958 mm Niederschlag unter 6 jährigen Fichten 29, unter 6 jährigen Buchen 39, unter einer Moosdecke 67, auf nacktem Boden 49 mm (also nur 3.1, 4,1, 7,0, 5,1 %) durchsickerten.

Streubedeckter Waldboden ergab durchschnittlich 3 mal, streufreier nahezu 2 mal so viel Sickerwasser, als der kahle Boden im Freien. „Überhaupt lassen die Beobachtungen keinen Zweifel darüber, daß in der wärmeren Jahreszeit auf bewaldetem (beschattetem) Terrain mehr Wasser in den Boden eindringt, als auf nacktem, vegetationslosen Felde. Aus dem Umstande, daß selbst der streubedeckte Waldboden im Jahresmittel nur bis zu 2 Fuß (60 cm) Tiefe mehr Wasser durchsickern ließ, als das kahle Feld, geht hervor, daß die Wirkung des Waldes und der Streudecke sich nur auf die oberen Bodenschichten (bis zur Wurzelregion) erstreckt“[4]).

3. Zur näheren Erklärung dieser Tatsache wurden von Baumann und Ebermayer in Fichtenbeständen verschiedenen Alters im bayerischen Forstamt Bruck Untersuchungen vorgenommen, die besonderes waldbauliches Interesse haben[5]).

Der Wassergehalt eines Lehmbodens betrug in Gewichtsprozenten

	im Fichtenjungholz 25 Jahre alt	im Fichtenmittelholz 60 Jahre alt	im haubaren Fichtenbestand 120 Jahre alt	im unbepflanzten Boden im Freien
Juli 1884/Juni 1885	16,89	15,28	18,43	20,17
Juli 1885/Juni 1886	18,65	17,30	19,71	20,46

Der Wassergehalt war im Sommer und Herbst am niedrigsten. Der Fichtenbestand entzog im Alter der höchsten Produktion (60 Jahre) am meisten Wasser. Die Veränderung der Bodendecke und Bodenflora, das Auftreten von Jungwuchs im älteren Bestande hängen teilweise mit der größeren Feuchtigkeit des Bodens zusammen.

4. Im Versuchsgarten Adlisberg richtete ich im April 1890 Sickerwasserkasten von 2 qm Fläche und 1,2 m Tiefe ein, die mit Humus-, Kalk-, Sand- und Tonboden gefüllt wurden. Die Kasten wurden teils kahl belassen, teils mit 5 jährigen Fichten und Buchen

[1]) Wollny, Forschg. 15, 229.

[2]) Einwirkgn. d. Waldes auf Luft und Boden. 1873, S. 215 ff.

[3]) Wollny, Forschg. 12, 158.

[4]) Wollny, Forschg. 12, 148.

[5]) a. a. O. 12, 150.

bepflanzt, teils mit einer Grasmischung angesät. Im Winter 1893/94 wurden die Fichten und Buchen durch Föhren und Eichen, die Grasmischung durch Lärchen ersetzt[1]).

Das Ergebnis der Messung der Sickerwassermengen ist in Tabelle 47 enthalten.

Tabelle 47.

Sickerwassermenge im Versuchsgarten Adlisberg.
Durchschnitt vom Sommer 1890, Winter 1890/91, Sommer 1891.
Pro Beet: Liter.

	Niederschlag pro Beet von 2 m² Liter	Buchen	Fichten	Kahl	Rasen	Buchen	Fichten	Kahl	Rasen
	A. Absolute Zahlen.								
		Humus				Kalk			
Summe . . .	3507,8	1929,3	1910,9	2440,5	2031,1	2050,6	2110,0	2038,1	1753,5
		Sand				Ton			
Summe . . .	3507,8	2505,7	2501,4	2707,6	2315,4	1832,1	1739,6	2205,3	1404,1
	B. In Prozenten der Niederschlagsmenge.								
		Humus				Kalk			
Durchschnitt in 18 Monaten .		55	55	70	58	58	60	58	50
		59 %				57 %			
		Sand				Ton			
Durchschnitt in 18 Monaten .		71	71	77	66	52	50	63	40
		71 %				51 %			

Berechnet man die Sickerwassermenge, wie sie sich im Durchschnitt der 18 Monate, Mai 1890 bis Oktober 1891, aus allen 16 Beeten ergibt, so fließen 60% der Niederschlagsmenge in der Form des Sickerwassers ab. 1 m² Bodenfläche von 1,2 m Tiefe liefert also 600 Liter Sickerwasser während eines Jahres bei einer Niederschlagsmenge von rund 1000 mm.

Die Abhängigkeit der Sickerwassermengen von den Niederschlägen tritt nur in den Sommermonaten Mai bis Oktober deutlich hervor. In diesen ist die Bewegung der beiden Mengen eine vollständig gleichförmige. Die Sickerwassermenge steigt und fällt mit der Niederschlagsmenge.

[1]) Das Nähere in Mittlgn. d Schweiz. V.-A. 1, 291; 4, 203, 6, 37 (von Badoux).

In den Wintermonaten, in welchen Schneefall eintritt und niedrige Temperatur herrscht, erfolgt kein Durchsickern des Wassers mehr. Beim Steigen der Temperatur dagegen nimmt plötzlich die Sickerwassermenge in sehr hohem Grade zu, wenn der während mehrerer Monate angesammelte Schnee zum Schmelzen gelangt.

Hieraus erklären sich einerseits der Wassermangel, der im Winter eintritt, falls dem Schneefalle eine längere Trockenperiode vorausgeht, andererseits die Überschwemmungen, welche beim plötzlichen Schmelzen großer Schneemassen hereinzubrechen pflegen.

5. Die Verteilung der Sickerwassermengen auf die Jahreszeiten ist verschieden.

Von der gesamten Niederschlagsmenge eines Jahres fallen 24 bezw. 21 % auf die Wintermonate. Die in derselben Zeit durch den Boden sickernden Wassermengen betragen dagegen 32—50 % der Sickerwassermenge des ganzen Jahres. Es sickert also von den Niederschlägen in den Wintermonaten verhältnismäßig ein größerer Teil in den Boden ein, als während der Sommerszeit. In dieser letzteren Zeit fallen nämlich 76 bezw. 79 % der Niederschlagsmenge des ganzen Jahres; während die Sickerwassermenge selten 60 % der Jahressumme überschreitet. Die absoluten Sickerwassermengen sind aber im Gebiete der vorherrschenden Sommerregen gleichwohl im Sommer größer, als im Winter, so daß den Quellen und Bächen im Sommer mehr Wasser zugeführt wird, als dies in den Wintermonaten der Fall ist.

6. Den Einfluß der Bodenart auf die Sickerwassermenge zeigt die Zusammenstellung in Tabelle 48.

Tabelle 48.

Durchschnittliche Sickerwassermengen pro Beet in Litern.

	Humus	Kalk	Sand	Ton	Durchschnitt aller Bodenarten
	I. Absolute Zahlen.				
Durchschnitt von 18 Monaten	692,6	662,7	835,8	539,4	697,4
	II. Verhältniszahlen.				
	A. Durchschnitt = 100.				
	99	95	120	86	100
	B. Sickerwassermenge des Sandes = 100.				
	83	79	100	72	

Von je 4 Beeten einer Bodenart blieb ein Beet unbepflanzt, auf den drei übrigen waren Buchen und Fichten gepflanzt, bezw. eine Grasmischung angesät worden.

Die Eigentümlichkeiten jeder Bodenart werden auf der vegetationslosen Fläche sich am deutlichsten ausprägen. Allein im praktischen Betriebe spielen die vollständig kahlen Flächen doch eine untergeordnete Rolle. Bildet man nun einen Durchschnitt aus den 4 Beeten einer Bodenart, wie dies in Tabelle 47 geschehen ist, so wird in diesem die Wirkung der Vegetation auf den Wasservorrat im Boden sich bemerklich machen müssen. Die Vegetation zeigte allgemein auf dem Tonboden das üppigste Gedeihen. Ihr Einfluß tritt deshalb bei diesem Boden am meisten hervor.

Die meiste Sickerwassermenge lieferte im Durchschnitt von 18 Monaten der Sandboden mit 835,8 Liter. Geringer ist dieselbe bei Humus- und Kalkboden, welche nur 692,6 bezw. 662,7 Liter lieferten. Am wenigsten sickerte durch im Ton, dessen Menge nur 598,4 Liter beträgt. Bei letzterem Boden wirkt nicht nur die größere Wasserkapazität vermindernd, sondern auch der Verbrauch von Wasser durch die Vegetation.

Die Unterschiede in den Sickerwassermengen der verschiedenen Bodenarten betragen bis zu 28 %. Der Humus gibt entgegen der gewöhnlichen Annahme mehr Wasser ab als Kalk und Ton. Damit steht aber die größere Wasserkapazität des Humus nicht im Widerspruch. Das Abfließen von Wasser findet erst statt, wenn der Boden mit Wasser gesättigt ist. Die zur Sättigung des Bodens nötige Wassermenge ist allerdings verschieden bei den einzelnen Bodenarten. Ist die Sättigung aber eingetreten, so wird die durchsickernde Menge des Wassers bei verschiedenen Bodenarten nicht sehr verschieden sein können.

7. Im Versuchsgarten bei Tübingen wurde eine größere Anzahl von Bodenarten in Holzkasten eingefüllt, um die Sickerwassermengen beobachten zu können. Die Zahl der Kasten wäre zu groß geworden, wenn gleichzeitig alle Bodenarten hätten beobachtet werden müssen. Die einzelne Bodenart wurde nach ein- oder zweijähriger Untersuchung durch eine andere ersetzt. Als Vergleichsboden diente Lehm, „gewachsenes“ Land, der alle Jahre hindurch belassen wurde. Die Übersicht der Ergebnisse enthält Tabelle 49.

Tabelle 49.

Sickerwassermengen im Versuchsgarten Großholz.

1. Durchschnitt 1905—08.

	Jahres-summe Liter	Sicker-wasser in % der Nieder-schlagsmenge	Gegenüber Lehm gewachsenes Land + mehr Liter — weniger „
Niederschläge	659,5	100,	—
Lehm gewachsenes Land, kahl . .	332,8	50,5	
Lehm eingefüllt, kahl	347,3	52,7	+ 14,5
Sand eingefüllt, kahl	378,7	57,4	+ 45,9
Ton eingefüllt, kahl	341,2	51,7	+ 8,4
Lehm mit Laub bedeckt	428,9	65,0	+ 96,1
Sand mit Moos bedeckt	453,1	68,7	+120,3
Lehm mit Fichten bepflanzt . .	175,6	26,6	—157,2
Lehm mit Buchen bepflanzt . .	152,1	23,1	—180,7
Lehm unter Buchenschluß, kahl	241,5	36,6	— 91,3

2. Durchschnitt 1909 und 1910.

Niederschläge	752,4	100,-	—
Lehm gewachsenes Land, kahl . .	494,4	65,7	—
Muschelkalk, kahl	454,5	60,4	— 39,9
Bunter Mergel (Keuper), kahl . .	456,4	60,7	— 38,0
Weißer Jura E, sandig, kahl . .	504,2	67,0	+ 9,8
Weißer Jura Z, tonig, kahl . .	423,8	56,3	— 70,6
Gletscherschutt, kahl	298,9	39,7	—195,5
Lehm unter Buchenschluß . . .	225,7	30,0	—268,7

3. Durchschnitt 1910—12.

Niederschläge	739,2	100,-	—
Lehm „gew. Land“, kahl . . .	492,5	66,6	—
Buntsandstein, kahl	344,8	46,6	—147,7
Roter Knollenmergel (Keuper), kahl	423,1	57,2	— 69,4

4. Durchschnitt 1913. Januar bis November.

Niederschläge	719,1	100,-	—
Lehm gew. Land, kahl	476,2	66,2	—
Granit, kahl	444,4	61,8	—
Gneis	447,1	62,2	—
Rotliegendes, kahl (Febr.—Nov.) .	390,3	57,4	—
Brauner Jura, tonig, α kahl (Feb.-Nov.)	287,5	42,3	—
„ „ „ β „ („ „)	159,0	23,4	—

Die großen Unterschiede nach den Bodenarten treten deutlich hervor. Die einzelnen Bodenarten verhalten sich jedoch nicht immer so, wie es nach der petrographischen Zusammensetzung vermutet werden könnte. So hat der Boden aus Buntsandstein geringe Sickerwassermengen, während die aus Granit und Gneis zu den höchsten gehören. Auch in kahlen Beeten schwankt die Menge des Sickerwassers in der Hauptsache zwischen 42 und 67 % der Niederschlagsmenge; absolut beträgt der Unterschied bis zu 196 Litern pro qm und Jahr (= 1 960 000 Liter pro ha).

Die Bedeckung mit Laub oder Nadeln steigert die Sickerwassermenge sehr erheblich, weil die Verdunstung fast ganz aufgehoben ist. Die Bepflanzung eines Beetes mit Fichten oder Buchen setzt die Sickerwassermenge sehr bedeutend herab. Weitere Belege für den Einfluß der Vegetation auf die Sickerwassermenge enthält die Zusammenstellung in Tabelle 53 (s. unten Ziffer 15).

8. Der Einfluß des Bodenzustandes auf die Sickerwassermengen ist verschieden, je nachdem der Boden kahl oder mit einer Vegetationsdecke versehen ist.

Der Einfluß der letzteren auf die Sickerwassermenge wurde durch die Aussaat von Grassamen, sowie Anpflanzung von fünfjährigen Buchen und Fichten zu erforschen gesucht.

Die Anpflanzung der Buchen und Fichten geschah in der Weise, daß ein möglichst dichter Schluß und vollständige Bedeckung des Bodens durch die Beastung vorhanden war. Es sollte auf diese Weise das Maximum der Beeinflussung erreicht werden. Die Fichten und Buchen zeigten aber auf den einzelnen Bodenarten nicht dieselbe Entwickelung. Ton und Humus erzeugten bei den Fichten dunkle Nadeln und ansehnliche Höhentriebe, auf Kalk und Sand waren die Nadeln noch nach 2 Jahren gelb und die Höhentriebe gering. Auch die Buchen zeigten ungleiches Gedeihen; auf Sand wurde eine Anzahl dürr und mußte ersetzt werden. Im Herbst und Vorwinter (10. Dezember 1891) haben die auf Sand gepflanzten Buchen alle Blätter, diejenigen auf Kalk fast alle Blätter verloren, während die Buchen auf Ton und Humus noch belaubt waren. Bei Schneefällen bleibt ein Teil des Schnees auf den belaubten Buchen und den Fichten hängen und verdunstet, ohne daß eine Bereicherung des Bodens an Feuchtigkeit stattfindet. Die Austrocknung des Bodens ist bei dem verschiedenen Grade der Beschattung und der Wachstumsenergie ebenfalls eine verschiedene. Ähnliches gilt vom Wachstum des Rasens. Am üppigsten war er auf Ton, lichter auf Kalk und Humus und nur kümmernd auf Sand.

Das Grüngewicht des am 8. August 1891 gemähten Rasens betrug auf Ton 6.410 kg, auf Humus 3,500 kg, auf Kalk 3.400 kg, auf Sand konnte eine Ernte nicht gemacht werden.

Diese Ungleichheit des Wachstums hängt auch mit den sonstigen Eigenschaften des Bodens zusammen und läßt sich natürlich nicht vermeiden. Das Gedeihen verschiedener Pflanzen ist auf jeder Bodenart verschieden. Bei Vergleichung der verschiedenen Bodenarten unter sich ist diese Ungleichheit daher nicht außer Betracht zu lassen.

Daß das Wachstum der Pflanzen im Sommer 1891 — im zweiten Vegetationsjahre — besser war, als im Sommer 1890, braucht kaum hervorgehoben zu werden.

Tabelle 50 enthält die Zusammenstellung der Sickerwassermengen.

Tabelle 50.

Einfluß des Bodenzustandes auf die Sickerwassermenge im Durchschnitt der 18 Monate Mai 1890 bis Oktober 1891.
Versuchsgarten Adlisberg.
Sickerwassermenge pro Beet in Litern.

	Humus	Kalk	Sand	Ton	Durchschnitt
	1. Kahl				
Durchschnitt	813,5	679,3	902,5	735,1	782,6
	Verhältniszahlen.				
	A. Durchschnitt = 100.				
	104	87	115	94	100
	B. Sickerwassermenge des Sandes = 100.				
	90	75	100	81	
	2. Rasen.				
Durchschnitt	677,1	584,5	771,8	468,1	625,4
	Verhältniszahlen.				
	A. Durchschnitt = 100.				
	108	94	123	75	100
	B. Sickerwassermenge des Sandes = 100.				
	88	76	100	61	
	3. Buchen.				
Durchschnitt	643,1	683,5	835,2	610,7	693,1
	Verhältniszahlen.				
	A. Durchschnitt = 100.				
	93	99	120	88	

	Humus	Kalk	Sand	Ton	Durchschnitt
	Verhältniszahlen. B. Sickerwassermenge des Sandes = 100.				
	77	82	100	73	
Durchschnitt	4. Fichten.				
	637,0	703,4	833,8	579,9	688,5
	Verhältniszahlen. A. Durchschnitt = 100.				
	93	102	121	84	
	B. Sickerwassermenge des Sandes = 100.				
	76	84	100	70	

Aus Tabelle 50 geht der Einfluß des verschiedenen Wachstums deutlich hervor, insbesondere, wenn man den Ton, auf welchem der Rasen, wie die Buchen und Fichten das beste Gedeihen zeigten, mit den übrigen Bodenarten vergleicht.

Die Sickerwassermenge betrug während 18 Monaten	Im Durchschnitt aller Bodenarten	Im Tonbeet	Gegenüber dem kahlen Beet weniger	
			alle Bodenarten	Ton
auf dem kahlen Beet	782,6 l (=100)	735,1 (=100)	—	—
„ „ berasten „	625,4 l (= 80)	468,1 (= 64)	157,2 l	267,0 l
„ „ m. Buchen bepfl. Beet	693,1 l (= 89)	610,7 (= 83)	89,5 l	124,4 l
„ „ „ Fichten „ „	688,5 l (= 88)	579,9 (= 79)	94,1 l	155,2 l

Der Rasen vermindert die Sickerwassermenge in höherem Grade, als die Vegetation von jungen Fichten und Buchen.

Je üppiger die Vegetation überhaupt ist, um so größer ist der Verbrauch an Wasser durch dieselbe, um so geringer ist die Wassermenge, welche in die Tiefe, in die Quellen und Flüsse gelangt. In den tiefer liegenden Gegenden tritt der kahle Boden im Verhältnis zum bebauten zurück, während der erstere umgekehrt im Hochgebirge überwiegt. Bei starken Niederschlägen wird unter sonst gleichen Verhältnissen der kahle Boden mehr Wasser in die Tiefe senden, als der beraste oder mit jungen Fichten bepflanzte Boden. Die Kultivierung des Bodens wird also die Hochwassergefahr vermindern.

Die Verrasung des Bodens, wie sie in Pflanzungen und auf brach liegenden Flächen eintritt, wirkt hauptsächlich durch die Austrocknung

des Bodens in ungünstiger Weise auf die Vegetation ein. Daher erklärt sich die Erfahrung, daß in vergrasten Pflanzschulen die Pflanzen ein kümmerndes Aussehen erhalten, daß auf verrastem Boden die natürliche Verjüngung Schwierigkeiten bietet und anderseits, daß nach eingetretenem Schluß das Wachstum der Kulturen sich steigert. Nach einem Kahlschlage scheint manche Stelle im Walde naß zu sein und wird mit Gräben durchzogen, welche nach der Kultivierung überflüssig sind. Will man dagegen die Wege trocken und fest erhalten, so empfiehlt es sich, die Böschungen derselben mit Grassamen anzusäen.

Die Sickerwassermenge der mit Buchen oder Fichten bepflanzten Beete ist nur unbedeutend verschieden, sowohl im Durchschnitt, als bei den einzelnen Bodenarten.

Die Eigentümlichkeit jeder Bodenart in Bezug auf die Durchlässigkeit wird durch die Vegetation nur in geringem Grade geändert. Der Sandboden zeigt die größte, der Tonboden die geringste Sickerwassermenge unter Rasen, wie unter der Fichten- und Buchenpflanzung. Fast dieselbe Reihenfolge — nur der Kalkboden bildet eine Ausnahme — ist auch in kahlem Zustande vorhanden.

9. Den Einfluß der Dichtigkeit der Niederschläge auf die Sickerwassermenge zeigt die wiederholt beobachtete Erscheinung, daß einzelne Niederschläge, selbst wenn sie 30—40 Liter auf ein Beet lieferten, in den Sickerwassermengen sich gar nicht bemerklich machten. Wenn die Austrocknung des Bodens eine sehr intensive war, bringen selbst noch höhere Niederschläge keine Änderung in den Sickerwassermengen.

Am 1. und 2. August 1890 waren die Blechgefäße teils ganz leer, teils enthielten sie nur 0,1—1,0 Liter. Es war also fast alles Wasser abgeflossen. Nun erfolgten die nachverzeichneten Niederschläge:

2. August 29,4; 4. August 35,6; 8. August 12,0; 11. August 9,2; zusammen 86,2 Liter pro Beet.

Vom 3. bis 12. August waren durchgesickert Liter:

	Humus	Kalk	Sand	Ton
Kahl	31,75	36,00	48,04	35,58
Rasen	10,81	4,17	29,17	0,30
Buchen	15,43	33,94	33,45	15,67
Fichten	15,26	32,41	29,90	22,25

Das beraste Beet des Ton- und auch des Kalkbodens mit seinen geringen Sickerwassermengen zeigt, daß fast die ganze Niederschlagsmenge zur Anfeuchtung des ausgetrockneten Bodens nötig war. Auch unter Buchen und Fichten auf Ton und Humus flossen nur 18—33 % des Niederschlages ab, und selbst auf dem kahlen Boden des Sandes betrug die Sickerwassermenge nur 56 % des Niederschlages.

Derselbe Vorgang wiederholte sich im Oktober 1891. Am 23. September 1891 waren die meisten Blechgefäße leer. Obgleich vom 23. September bis 12. Oktober Niederschläge im Betrage von 72,0 Liter fielen, waren bis zum 12. Oktober die Gefäße unter den Rasenbeeten noch ganz leer, mit Ausnahme des Sandbeetes, welches aber nur 0,3—0,4 Liter lieferte; selbst auf den kahlen Beeten erreichte die tägliche Sickerwassermenge noch nicht 1,0 Liter.

Es wurde somit ein Quantum von rund 80 Litern zur Anfeuchtung von 2 m^3 Boden (oder pro 1 m^3 40 Liter = der Menge eines Niederschlages von 40 mm) verwendet in denjenigen Beeten, welche durch eine Rasenvegetation sehr stark ausgetrocknet waren; sogar im kahlen Beete waren zum Anfeuchten des Bodens immer noch ca. 40—50 Liter erforderlich (20—25 Liter pro 1 m^3).

Es sind also nach Perioden langer Trockenheit bedeutende Niederschlagsmengen nötig, wenn das Wasser in die tieferen Schichten des Bodens eindringen und in die Quellen gelangen soll.

Mit dem Feuchtigkeitsgehalte des Bodens steht die Schnelligkeit des Eindringens des Wassers in denselben in direktem Zusammenhang. Ist der Boden annähernd gesättigt, so schwellen die Sickerwassermengen schon nach 6 Stunden an. in der Regel ist das Abfließen nach 12 Stunden schon ein sehr starkes. Nach 1—2, höchstens 3 Tagen ist der größte Teil des Wassers schon abgeflossen.

Die Sickerwasser zeigen während der Sommermonate und beim Schmelzen des Schnees ein rasches Ansteigen und rasches Fallen. Sehr deutlich tritt dies hervor, wenn man die Niederschlags- und Sickerwassermengen der einzelnen Monate graphisch einander gegenüber stellt. Der Grad dieser Änderungen selbst wird durch den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens bestimmt, insofern als der trockene Boden das Anschwellen der Sickerwassermengen verlangsamt, während im feuchten oder nassen Boden die Regenmengen sehr rasch in die Tiefe sinken.

10. Von den bis zum Sommer 1893 fortgeführten Untersuchungen mögen noch einige Resultate erwähnt werden. Die Föhren, Lärchen und Eichen waren erst 1 Jahr eingepflanzt, weshalb sie in den folgenden Ausführungen nicht berücksichtigt werden.

Im Durchschnitt aller 16 Beete beträgt während der 36 Monate, vom 1. November 1890 bis 31. Oktober 1893, die Sickerwasser-

menge 58 % der Niederschlagsmenge. Dieses Resultat weicht von dem Durchschnitt aus 18 Monaten (I, 308) nur um 2 % ab.

Tabelle 51.

Sickerwassermengen der verschiedenen Bodenarten.
Durchschnitt vom 1. November 1890 bis 31. Oktober 1893.

	Buchen	Fichten	Kahl	Rasen
A. Absolute Zahlen.				
Im Durchschnitt aller Bodenarten .	466,6	461,6	710,0	429,6
Humus	282,0	269,3	654,4	408,5
Kalk	497,0	565,2	703,8	420,6
Sand	721,2	728,2	798,2	560,5
Ton	366,1	284,0	683,5	328,6
B. Relative Zahlen. Kahl = 100.				
Im Durchschnitt aller Bodenarten .	66	65	100	61
Humus	43	41	100	62
Kalk	71	80	100	60
Sand	90	91	100	70
Ton	54	42	100	48

In Tabelle 51 sind die Schlußresultate der einzelnen Beobachtungen enthalten.

Die Sickerwassermengen unter Buchen und Fichten weichen auf derselben Bodenart unbedeutend von einander ab. Dagegen tritt der Einfluß der Bodenart auf das Wachstum und den Wasserverbrauch sehr deutlich hervor. Auf Humus sickerten unter Fichten 269, auf Ton 284, auf Kalk dagegen 565, auf Sand in der gleichen Zeit 728 Liter durch.

Im Durchschnitt aller Bodenarten ist die Sickerwassermenge unter dem Rasen kleiner, als unter Fichten und Buchen. Auf Humus und Ton dagegen hat die üppige Vegetation der Fichten und Buchen den Boden mehr ausgetrocknet als der Rasen.

Im Ganzen geht aus der Übersicht 51 hervor, daß durch die Vegetation die Sickerwassermenge bis zu 50 und 60 % gegenüber dem kahlen Beete verringert wird.

11. Die Untersuchungen im Versuchsgarten Adlisberg fanden in einem Gebiete mit rund 1000 mm Niederschlägen statt. Im Versuchsgarten Großholz bei Tübingen fallen nur 6—700 mm; die hier angestellten Untersuchungen beziehen sich also auf ein Trockengebiet. In Deutschland hat nur der preußische Osten, in Ungarn die Donauebene noch geringere Niederschläge (4—600 mm). Die Ergebnisse vom Versuchsgarten Adlisberg gelten für regenreiche, die vom Großholz für regenarme Gebiete. Im Versuchsgarten Großholz ist der mehrfach von Ramann gestellten Forderung, daß „gewachsenes Land" untersucht werden solle, Rechnung getragen [1]).

Sickerwasserkasten, die unter dem Schlusse 100 jähriger Buchen aufgestellt sind, geben Gelegenheit, weitere Vergleiche anzustellen.

12. Der Unterschied zwischen den Sickerwassermengen aus „gewachsenem", d. h. in der natürlichen Lagerung belassenem Boden und eingefülltem, also lockerer liegendem Boden ist unbedeutend.

	Lehm kahl.	
	Gewachsenes Land	Eingefüllter Boden
	Liter Sickerwasser.	
1906	339,7	335,4
1907	337,0	366,0
1908	360,7	352,8
Durchschnitt	345,8 (100)	351,4 (101,1)

Der Unterschied ist weder in den Jahres-, noch in den Monatssummen konstant. Die größten Unterschiede finden sich in den Wintermonaten, was mit dem Gefrieren und Auftauen des Bodens zusammenhängen wird. Für praktische Zwecke kann der Unterschied vernachlässigt werden.

12. Die Ergebnisse 8 jähriger Untersuchungen (Tabelle 52) bei Tübingen lassen in ihren Monatssummen die Bewegung der Sickerwassermengen und ihre Abhängigkeit von den Niederschlagsmengen deutlich erkennen. In dieser Beziehung stimmen die Ergebnisse mit denjenigen aus dem Gebiete hohen Niederschlags überein.

---

[1]) Die Untersuchungen von 1904—06 s. Mitt. d. Württ. V.-A. 1,18. Von den weiteren bis 1913 ausgeführten Untersuchungen kann hier nur eine kurze Zusammenfassung gegeben werden. Ausführliche Bearbeitung des ganzen Materials muß vorbehalten bleiben.

Tabelle 52.

Versuchsgarten Großholz bei Tübingen.
Sickerwassermengen im Durchschnitt der Jahre 1905—12.
Liter pro Kasten von 1 qm.

	Niederschlagsmenge im Garten (frei)	Sickerwassermenge Lehm im Garten (kahl)
Januar	37,6	27,5
Februar	33,9	32,5
März	36,9	26,7
April	43,2	20,3
Mai	82,8	39,0
Juni	87,2	42,1
Juli	91,6	44,6
August	73,1	29,1
September	67,8	39,4
Oktober	41,4	22,9
November	51,3	42,0
Dezember	36,7	34,3
Summe	683,6	400,2
Sickerwassermenge in % des Niederschlags im Garten	—	58,5

13. Die Niederschläge erreichen bald im Juni, bald im Juli oder August das Maximum. Die Sickerwassermengen steigen ebenso in den Sommermonaten mit den Niederschlägen und erreichen in den Wintermonaten ihren tiefsten Stand. Das Schmelzen des Schnees und Gefrieren des Bodens verursachen manche Unregelmäßigkeit.

Trotz der hohen Temperatur und der dadurch gesteigerten Verdunstung ist in unseren Breitegraden bei absolut geringen Niederschlägen im Sommer der Wasservorrat im kahlen Boden am größten, weil die Niederschläge im Sommer am höchsten sind. Im bepflanzten Boden dagegen erreicht der Wasservorrat in den Sommermonaten in der Regel seinen tiefsten Stand.

Am besten wird diese Erscheinung dargestellt, wenn wir die nachfolgende Tabelle 53 vom Versuchsgarten Adlisberg überblicken. Dem ziemlich normalen Jahre 1892 ist das bekannte Dürrejahr 1893 gegenübergestellt. Es sind nur zwei Bodenarten, Sand und Ton, herausgegriffen[1]).

[1]) Die näheren Nachweise s. Mitt. d. Schweiz. V.-A. 4,203 ff., insbesondere S. 226 ff. „Die Trockenheit im Frühling und Sommer 1893“.

Tabelle 53.

Sickerwassermenge pro Beet von 2 m² in Litern.
Versuchsgarten Adlisberg.

Monat	Niederschlagsmenge pro Beet Liter	Sand				Ton			
		3 Buchen	7 Fichten	11 Kahl	15 Rasen	4 Buchen	8 Fichten	12 Kahl	16 Rasen
1892 Januar	114,8	205,3	153,4	158,1	127,9	167,5	121,5	160,2	199,7
Februar	109,2	191,6	212,1	242,2	227,9	152,5	112,6	212,0	244,9
März	61,6	88,8	79,5	100,1	81,4	66,0	34,0	102,5	82,2
April	152,0	129,5	88,8	125,0	57,6	95,8	17,8	108,4	42,9
Mai	47,8	60,5	43,8	59,9	36,2	42,6	10,3	45,0	16,1
Juni	264,4	149,9	158,5	193,1	22,4	37,8	35,8	157,5	0,9
Juli	262,4	159,5	175,7	203,9	147,4	41,9	46,6	190,1	1,8
August	187,0	105,9	121,3	142,8	60,3	0,2	12,7	122,0	—
September	361,0	239,3	266,2	266,9	191,8	57,3	113,9	284,3	14,0
Oktober	286,8	322,4	318,3	329,1	323,3	229,1	193,4	280,3	216,0
November	114,6	105,4	104,1	94,4	95,5	78,5	45,1	83,5	80,7
Dezember	46,0	78,0	65,6	84,5	80,3	51,2	28,9	83,3	78,4
1893 Januar	73,0	0,1	—	0,1	—	0,2	0,3	1,8	0,2
Februar	86,2	20,0	3,1	44,8	0,4	28,5	0,7	30,0	4,7
März	59,4	156,2	191,1	124,0	116,1	79,8	97,5	84,3	92,3
April	—	2,9	1,8	1,6	1,5	3,0	1,0	3,3	0,3
Mai	291,8	159,6	134,9	171,2	76,5	81,4	22,7	136,9	8,2
Juni	175,4	102,5	116,2	118,9	60,0	13,3	28,1	79,9	—
Juli	274,6	98,1	138,6	146,8	52,3	—	0,4	116,8	0,1
August	34,8	45,8	52,3	56,6	51,1	—	0,7	38,0	—
September	216,4	41,3	78,3	105,1	17,7	—	—	63,5	—
Oktober	158,0	144,4	151,3	147,6	145,3	—	14,2	100,7	3,5
November	214,2	—	—	179,6	—	—	—	196,2	—
Dezember	37,4	—	—	42,8	—	—	—	35,2	—

Die Austrocknung des Bodens infolge der geringen Niederschläge im April und August, sowie infolge der hohen Temperatur des Sommers 1893 macht sich auch in den kahlen Beeten bemerklich. Die üppige Vegetation auf Ton hat den Boden an Wasser so erschöpft, daß vom Juli bis Oktober fast kein Sickerwasser mehr abfloß, obgleich die Niederschläge ansehnliche Wassermengen lieferten.

14. Über den Einfluß der Trockenheit von 1893 auf die Sickerwassermengen mögen noch einige Bemerkungen Platz finden, da genauere Messungen in sehr trockenen Jahren nur selten gemacht worden sind. Aus den Zahlen wird insbesondere hervorgehen, daß eine starke Austrocknung des Bodens von nachhaltig ungünstigem Einfluß ist und von verhältnismäßig hohen Niederschlägen in einem solchen Jahrgange Sickerwasser noch nicht entstehen.

„Der letzte Regen war am 18. März 1893 gefallen. Selbst unter dem Rasen war 16—20 Tage nachher noch überschüssiges Wasser vorhanden. Ungefähr gleich lang hielt die Feuchtigkeit unter Fichten an. Unter den Buchen floß im Sandbeet 27, im Tonbeet 31, im Humusbeet 38, im Kalkbeet 40 Tage lang noch Wasser ab. Auf den vegetationslosen Beeten dauerte das Abfließen am längsten: bei Sand 22, bei Ton 30, bei Kalk 44, bei Humus 45 Tage. Das kahle Beet des Humus war also während der 45 tägigen Trockenperiode immer noch mit Wasser gesättigt.

„Daraus geht die hohe Bedeutung des Humus für die Feuchtigkeit des Bodens sehr deutlich hervor. Die Gefahr der Austrocknung, welche bei manchen Bodenarten, an steilen Hängen, an Süd- und Westexpositionen stets vorhanden ist, kann durch Humusbeimischung abgeschwächt werden.

„Die sehr bedeutenden Niederschläge des Juli reichten nicht aus, um die Vegetationsbeete des Humus, des Tones und auch des Kalkes zu sättigen. Nur die kahlen Beete dieser Bodenarten lieferten Wasser, während dies bei allen Sandbeeten der Fall war.

„Als dann im August 1893 abermals die Niederschläge ausblieben, wiederholten sich die Erscheinungen vom April und Mai desselben Jahres. Wiederum war es der Humus, welcher am längsten überschüssiges Wasser lieferte. Die Vegetationsbeete waren 20—28 Tage vor den kahlen Beeten ausgetrocknet. Auf Ton und Humus lieferten die Buchen- und Fichten-, auch Rasenbeete fast gar kein Sickerwasser.

„Diese Trockenheit im Boden hielt auch während des Septembers noch an. Die sehr bedeutenden Niederschläge dieses Monats steigerten die Sickerwasser nur in den kahlen Beeten; in den Buchen- und Fichten-, sowie den Rasenbeeten floß fast gar kein Wasser ab. Selbst die starken Niederschläge des Oktober reichten nicht aus, die Fichten-, Buchen-

und Rasenbeete zu sättigen. Erst im November traten die normalen Verhältnisse wieder ein."

Nach den Zürcher Untersuchungen von 1892 und 1893 ist auch in den heißen Monaten in der Regel noch so viel Wasser im Boden vorhanden, daß ein Teil abfließt. Nur das außerordentliche Dürrejahr 1893 hat den Boden so ausgetrocknet. daß in einigen Beeten kein Wasser mehr absickerte.

Wenn die mit Pflanzen bestockten Beete vollständig frei liegen, dem Einfluß der Sonne und des Windes ausgesetzt sind, findet unter normalen Verhältnissen kein vollständiges Austrocknen des Bodens bis zu 50 cm Tiefe statt, auch wenn der Niederschlag nur 6—700 mm beträgt.

15. Über den Einfluß junger Pflanzen auf die Sickerwassermenge soll eine im Versuchsgarten Großholz eingeleitete (noch nicht abgeschlossene) Untersuchung noch weiteren Aufschluß geben.

Dort wurden Lehmbeete mit Samen verschiedener Holzsaaten sowie mit Grassamen 1911 und 1912 angesät (Tabelle 54).

Tabelle 54.
Sickerwassermengen von Lehm.
Versuchsgarten Großholz. 1913. Januar—November.

	Jahressumme Liter	Weniger als kahl Liter	Sickerwasser in % der Niederschlagsmenge	Unter 100jährigen Buchen Liter	%
Niederschlagsmenge . .	719,1	—	100	—	—
„Gewachs. Land", kahl	476,2	—	66,2	—	—
Fichtensaat von 1911	190,9	285,3	26,5	365,2	50,8
Tannenpflanzung „ „	336,5	139,7	46,8	229,6	31,9
Föhrensaat „ „	251,4	224,8	35,0	—	—
Lärchensaat „ „	182,6	293,6	25,4	—	—
Buchensaat „ 1912	320,8	155,4	44,6	234,9	32,7
Eichensaat „ 1911	206,3	269,9	28,7	—	—
Ahornsaat „ „	252,7	223,5	35,1	—	—
Eschensaat „ „	272,5	203,7	37,9	—	—
Grassaat „ „	237,7	238,5	33,1	296,9	41,3

Die Vegetation junger Pflanzen setzt die Sickerwassermenge sehr erheblich (um rund 250 Liter pro qm) herab. Dieser Verlust ist nicht auf die Transpiration allein zurückzuführen, sondern er enthält auch die Menge des aus dem Boden verdunsteten Wassers, da die jungen Pflanzen den Boden nicht vollständig beschatten.

Die Verminderung des Sickerwassers ist im Juni, Juli und August am bedeutendsten. Im Mai 1913 sickerten im kahlen Beet 50,1 im Juni 47,5 Liter durch; dagegen unter der Grassaat nur 7,1 und 6,8; unter

Bergahorn 8,7 und 11,2. Von der Niederschlagsmenge betrugen die Sickerwasser nur 7—10 %. Es bedarf also nur eines geringen Ausfalls in der Regenmenge oder einer starken Verdunstung durch hohe Temperatur, um den Abfluß von Sickerwasser unmöglich zu machen.

Als Ergänzung zu den Untersuchungen über die abfließenden Wassermengen dienen solche über die Bodenfeuchtigkeit, d. h. die vom Boden festgehaltene Wassermenge.

§ 92. Die Bodenfeuchtigkeit.

1. Die Feststellung der Bodenfeuchtigkeit ist eine ebenso schwierige, als zeitraubende Arbeit. Die meisten Untersuchungen haben Ebermayer, Wollny und Ramann ausgeführt. Die Bestimmungen des Wassergehalts beziehen sich vorherrschend auf landwirtschaftlich benutzte Bodenarten und landwirtschaftliche Pflanzen; für den Wald liegt nur ganz wenig Material vor[1]).

Zahlreiche Faktoren wirken auf die Feuchtigkeit des Bodens ein: die Wasserkapazität, Durchlässigkeit, Struktur und Lagerung des Bodens, der Untergrund, Erwärmung, Verdunstung, die Bodendecke, Exposition und Neigung, die Beschattung durch Pflanzen, der Wasserverbrauch der Pflanzen. Dazu kommt der Einfluß der jeweiligen Witterung, die Zahl und Dichtigkeit der Niederschläge, Trocken- oder Regenperioden, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit, die Richtung und Intensität der Winde.

Die Bodenfeuchtigkeit ist also das Resultat sehr verwickelter Vorgänge, die des genauen Studiums noch harren. Gewöhnlich verläßt man sich auf die Schätzung, die ganz allgemeine und unbestimmte Anhaltspunkte bieten mag, in vielen Fällen aber zu irrigen Schlüssen führen kann.

2. Die forstlichen Versuchsanstalten[2]) verlangen, daß der Grad der Feuchtigkeit in folgenden Abstufungen ausgedrückt werde:

a) „naß, wenn die Zwischenräume des Bodens derartig mit Wasser erfüllt sind, daß es in Bodeneinschläge rasch einfließt.

Hierzu gehören auch sog. quellige Bodenstellen an Hängen.

Bei nassen Böden ist anzugeben, ob das Wasser steht oder fließt;

b) „feucht, wenn der Boden beim Zusammenpressen das Wasser noch tropfenweise abfließen läßt;

---

[1]) Zahlreiche Untersuchungen hat Ramann in Sandböden vorgenommen. Siehe „Wassergehalt diluvialer Waldböden" in Z. f. F. und Jw. 1906, 13.

[2]) Anleitung z. Standorts- und Bestandesbeschreibung 1909. Seite 20.

c) frisch, wenn der Boden dem Gefühle und dem Aussehen nach von Feuchtigkeit mäßig durchdrungen ist, ohne daß sich äußerlich sichtbare Spuren von tropfbarem Wasser beim Zusammendrücken zeigen;

d) ,,trocken, wenn der Boden nach erfolgter Durchnässung die Wasserspuren schon binnen einiger Tage verliert;

e) ,,dürr, wenn aus dem Boden jede sichtbare Spur von Feuchtigkeit nach kurzer (24stündiger) Abtrocknung wieder verschwindet.

,,Falls sich der Feuchtigkeitsgrad nicht auf eine besonders angegebene Zeit bezieht, so ist er nach dem mittleren Feuchtigkeitszustande des Wurzelraumes während der Wachstumszeit anzusprechen".

3. Die wissenschaftliche Forschung muß darnach streben, an die Stelle unbestimmter Schätzung genaue Zahlenwerte über die im Boden vorhandene Feuchtigkeit zu setzen.

Zu diesem Zwecke wurden im Versuchsgarten bei Tübingen im trockenen Sommer 1904 Untersuchungen vorgenommen[1]).

Es wurden je 17 Proben in der Tiefe von 0—10 cm und 31—40 cm, im ganzen 34 Proben aus dem im Garten und in dessen nächster Umgebung vorhandenen Lehmboden entnommen.

Die Bodenproben wurden am 12. und 13. Juli 1904, nach einer 10tägigen, und wenn man von den ganz geringen Regenmengen vom 27. Juni und 2. Juli absieht, nach einer 18tägigen Trockenperiode ausgehoben. Letztere ist jedenfalls für die Bodenproben in Rechnung zu stellen, welche unter dem geschlossenen Bestande genommen wurden, da von den geringen Niederschlägen hier kaum nennenswerte Mengen von Wasser zum Boden gelangten. Zur Gewinnung der Bodenprobe diente ein viereckiges Blechgefäß von 20 cm Länge und Breite und 10 cm Tiefe, also mit 4000 ccm Inhalt. Die Entnahme geschah aus dem 1903 umgegrabenen Boden von 0—10 cm Tiefe (a) obere Schicht) und von 31—40 cm (b) untere Schicht); letztere lag unmittelbar unter der ersteren. Der Boden wurde durch Überstülpen des Blechgefäßes über einen abgestochenen Würfel in der ursprünglichen Lage belassen und sogleich gewogen. Eine abermalige Wägung fand statt am 4. August 1904, nachdem der Boden an der Sonne lufttrocken geworden war. Eine dritte Wägung vom 11. Dezember 1905 ergab, daß die Proben meistens ca. 100 g schwerer waren, als am 4. August, also etwas Feuchtigkeit aufgenommen hatten; die letztere Wägung wird als Kontrollwägung betrachtet.

Die Ergebnisse der Wägungen enthält Tabelle 55. Die Proben 1—13 stammen aus Bodenlagen, die umgegraben waren.

[1]) Das Nähere in Mittlgn. d. Württ. V.-A. 1, 24.

Tabelle 55.

Wassergehalt von Bodenproben am 12. und 13. Juli 1904 im Versuchsgarten Großholz.

Ort der Entnahme	a) Obere Schichte von 0—10 cm		b) Untere Schichte von 31—40 cm	
	Verdunstetes Wasser bis 4. August Gramm	Das Wasser beträgt vom Gewicht des trockenen Bodens %	Verdunstetes Wasser bis 4. August Gramm	Das Wasser beträgt vom Gewicht des trockenen Bodens %
1. Versuchsgarten	787	17,3	1152	22,4
2. Unter geschlossenen 20jährigen Weißtannen: Lichtversuch 1	1202	28,2	992	22,5
3. In 100jährigen Buchen: Lichtversuch 2; aus der Mitte einer Lücke	1132	24,1	1087	21,5
4. Vom Nordrand des 100jährigen Buchenbestandes	947	19,0	1100	21,3
5. Vom Ostrand des 100jährigen Buchenbestandes	662	15,2	617	12,4
6. Vom Südrand des 100jährigen Buchenbestandes	1247	30,6	1237	24,9
7 Vom Westrand des 100jährigen Buchenbestandes	1233	30,4	1436	30,7
8. Unter geschlossenen 30jährigen Weißtannen: Lichtversuch 3	1067	28,8	717	16,1
9. Aus einer Lücke in 100jährigen Buchen: Lichtversuch 4	1337	29,6	1362	27,9
10. Unter geschlossenen 100jährigen Buchen: Lichtversuch 5	1502	37,6	1358	27,3
11. Unter geschlossenen 100jährigen Buchen: Lichtversuch 6 mit Südlicht	1227	26,8	972	20,4
12. Unter geschlossenen 100jährigen Buchen: Lichtversuch 8 mit Nordlicht	947	22,4	992	21,4
13. Unter dem geschlossenen Kronendach 100jähriger Buchen: Lichtversuch 2	912	21,4	1037	20,3
14. Unter 100jährigen geschlossenen Buchen: gewachsener Boden	545	11,6	617	12,4
15. Boden aus dem Garten, wo er 1mal gerodet ist	627	13,2	708	14,9
16. Tonbeet im Garten; eingefüllt	717	15,0	1040	23,2
17. Sandbeet im Garten; eingefüllt	407	7,1	457	7,9
	16498	21,6	16881	20,0

Faßt man das Gesamtergebnis ins Auge, so ist die Verdunstung aus den unteren Schichten, also deren Wassergehalt nur um 383 g = 2,3 % größer, als aus den obersten Bodenlagen.

Im einzelnen aber zeigen sich wesentliche Abweichungen. Es enthielten nämlich die 7 Proben 2 b, 3 b, 5 b, 6 b, 8 b, 10 b, 11 b in den unteren Schichten weniger Wasser, während bei den übrigen 40 Proben

umgekehrt in den oberen Schichten weniger Wasser vorhanden war. Ein konstantes Verhältnis im Wasservorrat der oberen und unteren Schichten ist also nicht festzustellen. Die Verhältnisse sind überhaupt verwickelter als es auf den ersten Anblick scheinen könnte.

Da die oberen Schichten durchweg ohne Vegetation sind, so ist ihr Wassergehalt vom Austrocknen (also von Temperatur, Wind, Feuchtigkeit der Luft, Schatten) und vom Absickern der Regenwasser in die Tiefe beeinflußt. Die aus dem Garten, also aus ganz freier Lage, entnommenen Proben 1, 15, 16, 17 ergeben, daß die unteren Schichten stets wasserreicher sind, als die oberen sowohl bei Lehm, als Sand und Ton. Die aus den dicht stehenden 20- und 30 jährigen Weißtannen genommenen Proben 2 und 8 sind in der von Wurzeln durchzogenen Bodenschichte gelegen, so daß ein Austrocknen der letzteren durch die Vegetation der Weißtannen ohne Zweifel stattgefunden hat. Auch bei den Proben 5, 6, 10, 11 und 13 waren Wurzeln im Boden vorhanden, so daß ein Austrocknen durch diese anzunehmen ist; immerhin bedarf dieser Punkt noch weiterer Aufhellung. Im gewachsenen Boden ist die tiefere Schicht feuchter unter vollem Buchenschluß: dasselbe gilt auch für den umgegrabenen Boden.

Die aus den einzelnen Proben des Lehmbodens verdunsteten Wassermengen schwanken zwischen 545 (100) und 1502 (275) g. Das Wasser betrug vom Gewicht des trockenen Bodens 11,6—37,6 %, vom Volumen des feuchten Bodens 13,6—37,6 %. Für Ton ergeben sich folgende Zahlen: 717; 15,0 und 17,9 %; für Sand 407; 7,1 und 10,2 %.

Die Proben aus dem Buchen- und Weißtannenbestande hatten höhere Wassergehalte.

Die unteren Schichten waren um 17 % wasserreicher, als die oberen; ein Resultat, das mit anderen Untersuchungen übereinstimmt.

Für einzelne Bodenarten sind die betreffenden Zahlen folgende:

das Lehmbeet (1) ist unten feuchter um 46,4 %
das Tonbeet (16) ,, ,, ,, ,, 45,0 %
das Sandbeet (17) ,, ,, ,, ,, 12,3 %;

dagegen[1]) ist der Boden

unter 20 jährigen Weißtannen (2) unten trockener um 21,2 %
,, 30 jährigen ,, (8) ,, ,, ,, 48,8 %.

4. Der dürre Sommer 1911 gab abermals Veranlassung, die Feuchtigkeitsverhältnisse zu untersuchen. Die Studien erstreckten sich auf 16 Bodenarten, die im Garten unmittelbar nebeneinander in ebener Lage sich befanden und ohne Vegetation waren. Die Wägungen wurden

---

[1]) Zu demselben Ergebnis kam Ramann bei Buchen auf Sandboden: der Boden unter älterem Waldbestand ist mit Ausnahme der Oberfläche in fast allen Fällen wasserärmer, als der Boden einer Schlagfläche. A. a. O. 1906, 21.

am 21. Juli 1911 vorgenommen, nachdem es 18 Tage nicht mehr geregnet hatte.

Die Proben hielten, wie 1904, 4000 ccm Boden und wurden bis 27. Juli an der Sonne getrocknet. In der Tabelle 56 ist angegeben, wie viele Gramm Wasser aus den Proben verdunsteten.

Tabelle 56.

Bodenfeuchtigkeit im Juli 1911.

Bodenart	Es verdunsteten Gramm Wasser aus 4000 ccm bei der Schichte			
	a) von 0—10 cm Tiefe		b) von 21—30 cm Tiefe	
	Gramm	Verhältniszahlen	Gramm	Verhältniszahlen
1. Granit	165	100	260	111
2. Weißer Jura Zeta kalkig	183	111	375	160
3. Gneis	190	115	235	100
4. Rotliegendes	205	124	330	140
5. Muschelkalk	215	130	450	191
6. Keupersand, oberer	215	130	385	164
7. Weißer Jura Epsilon sandig	250	151	360	153
8. Gletscherschutt	275	167	620	264
9. Bunte Mergel aus Keuper	275	167	385	164
10. Rote Mergel ,, ,,	310	188	435	185
11. Bunter Sand	325	197	495	211
12. Weißer Jura Zeta tonig	360	218	530	226
13 Ton aus Lias Alpha	475	288	890	379
14. Lehm ,, ,, ,,	475	288	705	300
15. Brauner Jura Beta	480	291	745	317
16. Brauner Jura Alpha	510	309	705	300

Unter sonst gleichen Verhältnissen zeigen die Bodenarten zu gleicher Zeit Feuchtigkeitsmengen, die um das 3—4fache von einander abweichen. Über dem Durchschnitt aller Bodenarten stehen die Mergel- und Tonschichten.

5. In einem Holzkasten von 30 cm Tiefe, der im Garten mit Lehm gefüllt frei aufgestellt und mit Fichten, Lärchen, Föhren, Schwarzföhren bepflanzt war, hielten sich während der Dürre von 1911 nur die Schwarzföhren am Leben.

Bei der Untersuchung am 26. Juli 1911 — nach einer 21 tägigen Trockenperiode — ergab sich, daß die obere Schichte (0—10 cm) noch 85, die untere 140 g Wasser hielt. Ein kapillares Aufsteigen von Wasser aus größerer Tiefe konnte im Kasten nicht stattfinden. Bei der ursprünglichen Lagerung, bei der ein kapillares Aufsteigen möglich ist, hatte derselbe Boden — allerdings in kahlem Zustande — (Nr. 14 in Tabelle 55) 475 bezw. 705 g Wasser, also den 5,59- bezw. 5,04 fachen Wassergehalt.

6. Wollny[1]) fand, daß die Exposition nach N am feuchtesten ist, dann folgen W, O, S. Die Differenz zwischen N und S beträgt 2,00, zwischen O und W 0,87 Gewichtsprozent.

7. Unter dem Schluß 100jähriger Buchen sind Hügel derselben Bodenarten aufgeschüttet. Hier ist der Unterschied der Expositionen bedeutend abgeschwächt. Nur die Ost- und Südseite des Sandhügels sind erheblich feuchter, als diejenige im Garten.

	Lehmhügel	Tonhügel	Sandhügel
	unter 100jährigen Buchen; kahl 0—10 cm tief		
Nordseite	305 g (104)	320 (100)	190 (112)
Ostseite	315 ,, (107)	350 (110)	202 (119)
Südseite	295 ,, (100)	375 (117)	235 (138)
Westseite	305 ,, (104)	320 (100)	170 (100)

8. Der 100jährige Buchenbestand bildet ein Quadrat von ca. 60 m Seitenlänge. Auf den 4 Seiten wurden am 11. August 1911 Bodenproben unmittelbar am Bestandesrande entnommen, deren Wassergehalt ergab:

	bei 0—10 cm Tiefe	21—30 cm Tiefe
Nordseite des Bestandes	325 (123)	460 (133)
Ostseite ,, ,,	265 (100)	345 (100)
Südseite ,, ,,	285 (108)	450 (130)
Westseite ,, ,,	370 (140)	535 (155)

9. Die Anfeuchtung des Bodens durch einen Niederschlag von 11,7 mm erfolgte am 26. Oktober 1908 in folgende Tiefen:

Granit 12 cm, Keupersand 8 cm, Ton 5 cm, Weißer Jura Epsilon 4 cm, Rotliegendes 10 cm, Weißer Jura Zeta 8 cm, Muschelkalk 5 cm, Bunter Mergel 4 cm, Buntsandstein 10 cm, Lehm 5 cm, Roter Mergel 5 cm, Brauner Jura Beta 4 cm, Gneis 5 cm, Gletscherschutt 2 cm, Brauner Jura Alpha 5 cm.

10. Eine besondere Untersuchung soll zeigen, wie verschieden der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens auf ganz kurze Entfernungen ist.

Im Versuchsgarten Großholz sind (wie oben schon erwähnt wurde) 2 Reihen von *Chamaecyparis* gepflanzt, die 1910 ca. 3 m hoch waren. Durch die Pflanzenreihe von Ost nach West ist eine Süd- und Nordseite, durch diejenige von Nord nach Süd eine Ost- und Westseite geschaffen. Am 15. April und 1. Juni 1910 wurden Bodenproben je 0,5; 1,0; 1,5 m von der Reihe entfernt ausgehoben und an der Sonne getrocknet. 4000 ccm Erde hatten einen Wassergehalt von Gramm:

[1]) Forschungen. 6, 383.

Entfernung von der Planzenreihe	Nordseite	Südseite	Ostseite	Westseite
		A. 15. April 1910.		
0,5 m	720 (106)	540 (100)	580 (100)	605 (101)
1,0 m	720 (106)	618 (114)	640 (110)	686 (114)
1,5 m	680 (100)	660 (122)	665 (114)	601 (100)
		B. 1. Juni 1910.		
0,5 m	565 (100)	640 (100)	685 (100)	642 (100)
1,0 m	770 (136)	710 (111)	760 (111)	720 (112)
1,5 m	965 (170)	750 (117)	740 (108)	660 (103)

Unterschiede von 10—20 % der Feuchtigkeit auf 0,5—1,0 m Entfernung sind selbst bei diesen sehr gleichmäßigen Bodenverhältnissen die Regel. Daß bei natürlich gelagertem Boden diese Unterschiede noch größer sein werden, läßt sich ohne Bedenken annehmen[1]).

Die Keimung der Samen erfolgt in einem gartenmäßig hergerichteten Beete nicht zu gleicher Zeit. Ebenso ist das Wachstum der Keimpflanzen ungleich. Daß diese Ungleichheit von der verschiedenen Feuchtigkeit des Bodens mitbedingt ist, kann kaum zweifelhaft sein.

Das ungleiche Höhen- und Stärkewachstum 5—10 jähriger Pflanzungen und auch älterer Bestände dürfte ebenfalls teilweise von der verschiedenen Bodenfeuchtigkeit herrühren.

§ 93. Die Verdunstung von Wasser aus dem Boden.

1. Im Versuchsgarten Adlisberg nahm ich 1893 die ersten Untersuchungen über die Verdunstung des Wassers aus dem Boden vor. Die Einwirkung von Sonne und Wind wurde durch Deckgitter abgeschwächt, deren Latten $^1/_4$, $^1/_2$, $^2/_3$ der Fläche bedeckten. Unter diesen wurden Blechgefäße aufgestellt und durch Wägung deren Wasserverlust bestimmt[2]). Es wurden 4 regenlose Perioden ausgewählt; hier werden nicht die Zahlen der einzelnen Tage, sondern nur diejenige der Perioden mitgeteilt.

Tabelle 57.

Verdunstung von Wasser aus dem Boden 1893.

In Gramm

Datum 1893	I. Freies Beet	II. Zu $^1/_4$ bedecktes Beet	III. Zu $^1/_2$ bedecktes Beet	IV. Zu $^2/_3$ bedecktes Beet
Periode I Aug. 9.-23.	1166	1144	933	881
,, II Aug. 25.—31.	711	595	547	482
,, III Sept. 11—16.	688	539	391	269
,, IV Okt. 6.— 8.	175	141	87	61
Zusammen	2740	2419	1958	1693

[1]) Vgl. Kraus, Boden und Klima auf kleinstem Raum. Seite 84 ff.

[2]) Mittlgn. d. Schweiz. V.-A. 3, 201.

Wird die im freien Beete verdunstete Wassermenge = 100 gesetzt, so ergeben sich folgende Verhältniszahlen für die Perioden I, II, III, IV:

Freies Beet	Zu 1/4 bedecktes Beet	Zu 1/2 bedecktes Beet	Zu 2/3 bedecktes Beet
100	88	71	62

In der Regel ist die Verdunstung von 12—3 Uhr am größten; die Luftbewegung kann kleinere Verschiebungen bewirken.

2. Gleichzeitig wurde die Verdunstung einer freien Wasserfläche mit dem Evaporimeter von Wild bestimmt.

Setzt man die im freien Beet verdunstete Wassermenge = 100, so erhält man folgende Verhältniszahlen:

Freies Beet	Zu 1/4 bedecktes Beet	Zu 1/2 bedecktes Beet	Zu 2/3 bedecktes Beet
100	87	58	40

Die Verdunstung des Wassers aus dem Boden wird in geringerem Maß herabgesetzt, als diejenige einer freien Wasserfläche.

3. Weitere Untersuchungen wurden im Versuchsgarten Adlisberg während des Sommers 1894 vorgenommen.[1])

Zu diesem Zwecke wurden Blechgefäße verwendet, welche 20 cm breit, 20 cm lang und 10 cm tief waren. Die verdunstende Bodenfläche war also 400 cm² groß.

Die Gefäße wurden mit lehmigem Tonboden, welcher gleichmäßig getrocknet worden war, so gefüllt, daß die Gefäße mit Erde je ein Gewicht von 5000 g hatten. Der Erde wurden je 1000 g Wasser zugegossen. Das Gewicht eines jeden Blechgefäßes betrug also 6000 g.

Die Blechgefäße wurden nun ins Freie gebracht und unter verschiedenen äußeren Verhältnissen der Verdunstung ausgesetzt. Die Anordnung der Versuche war folgende:

Gefäß Nr. 1 wurde im Garten auf einem ebenen Beete,
„ „ 2 „ „ „ „ „ 30° nach Norden geneigten Beete,
„ „ 3 „ „ „ „ „ „ „ Osten „ „
„ „ 4 „ „ „ „ „ „ „ Süden „ „
„ „ 5 „ „ „ „ „ „ „ Westen „ „
aufgestellt.

Neben diesen im Freien ausgesetzten Gefäßen wurden 5 weitere Gefäße verwendet, bei welchen die Bedingungen der Verdunstung geändert waren. Gefäß Nr. 6 und 7 wurden unter dem vorspringenden Dach des Beobachtungshauses auf der Nordseite, neben den meteorologischen Instrumenten. Gefäß Nr. 8 wurde unter jungen 1—1,50 m hohen geschlossenen Bergahorn, Gefäß Nr. 9 und 10 endlich wurden unter dem an den Garten anstoßenden 20 jährigen Buchenbestand je in ebener Lage aufgestellt.

Die Gefäße 7 und 10 wurden erst am Ende der II. Periode hinzugefügt, um durch doppelte Untersuchung eine größere Sicherheit zu erlangen.

[1]) Mittlgn. d. Schweiz. V.-A. IV. 315, wo die Einzelresultate mitgeteilt sind.

Die Bestimmung des Gewichtes der Gefäße wurde in der Regel morgens 7 Uhr und abends 6 Uhr vorgenommen; manchmal machten die Witterungsverhältnisse oder andere dringende Geschäfte kleinere Abweichungen von diesen Terminen nötig.

4. Die folgenden Übersichten enthalten die Resultate der Messungen. Es sind 14 Perioden ausgeschieden, weil durch Regenfall die einzelnen Beobachtungsreihen unterbrochen wurden. Die Dauer der Perioden schwankt von 1 Tag (V.) bis zu 7 Tagen (I. Periode).

Im Detail sind nur die Resultate einer der beiden längsten Perioden mitgeteilt. Für die übrigen Perioden sind nur die Schlußresultate aufgeführt.

Die Detailzahlen sollen den Gang der Verdunstung nachweisen.

Tabelle 58.

Verdunstung von Wasser aus dem Boden.

I. Periode 1894	Sonnenscheindauer	Im Freien					Im Schatten des Beobachtungshauses unter dem Vordach		Untergeschlossenen jungen Ahorn	Unter dem Schluss von Buchen	
		Eben	Nach Norden	Nach Osten	Nach Süden	Nach Westen					
			geneigt, 30°								
	Stunden	Nr 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 10
		Verdunstung in Gramm									
27. Juni 1 Uhr.	4,55										
28. „ 9½ Uhr m.		241	251	193	218	245	152	—	198	52	—
28. „ 6 Uhr a.	8,85	255	128	200	257	251	92	—	97	43	—
29. „ 7 Uhr m.		32	19	30	20	14	58	—	37	19	—
29. „ 6 Uhr a.	9,95	106	64	171	107	100	113	—	64	48	—
30. „ 7 Uhr m.		24	9	19	11	10	60	—	19	19	—
30. „ 6 Uhr a.	11,00	70	67	80	67	60	98	—	40	52	—
1. Juli 8 Uhr m.		3	5	12	4	8	39	—	13	30	—
1. „ 6 Uhr a.	10,00	43	47	49	51	46	38	—	19	36	—
2. „ 7 Uhr m.		2	2	3	—	—	20	—	13	13	—
2. „ 6 Uhr a.	11,00	27	44	43	47	43	32	—	21	42	—
3. „ 7 Uhr m.	1,90	5	7	3	1	—	16	—	5	12	—
	57,25	808	643	803	783	777	718	—	526	366	—
		Verhältniszahlen. Ebene = 100.									
		100	80	99	97	96	89	—	65	45	—

Je größer der Wassergehalt des Bodens ist, um so größer ist die Verdunstung. Gegen das Ende der I. Periode ist der Gewichtsverlust im Freien auf 27—47 g gesunken, während er am Anfang der Periode bei etwas geringerer Sonnenscheindauer bis zu 257 g betragen hat. Unter dem geschlossenen Buchenbestand dagegen ist die Verdunstung viel gleichmäßiger, so daß der Wassergehalt nur sehr langsam abnimmt.

Während der VI. Periode sind an 6 Tagen im Freien bis zu 1019 g verdunstet, unter dem Buchenbestand dagegen nur 118 g oder 12 % der im Freien verdunsteten Wassermenge.

5. Das Ergebnis der Beobachtungen der 14 Perioden ist in Tabelle 59 zusammengefaßt.

Tabelle 59.

Verdunstung von Wasser aus dem Boden. 1894.

Perioden	Im Freien					Im Schatten des Beobachtungshauses unter dem Vordach		Unter geschlossenen jungen Ahorn	Unter dem Schluss von Buchen	
	Eben	Nach Norden	Nach Osten	Nach Süden	Nach Westen					
		geneigt, je 30°								
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 10
	Verdunstung in Gramm									
I.-XIV. Periode	4861	4358	4301	4854	4847	1404	584	1499	1067	551
III.-XIV. Periode	3934	3601	3379	3955	3957	608	512	881	526	504
	Verhältniszahlen. Ebene = 100.									
I.-XIV. Periode	100	90	89	100	100	29	12	31	22	11
III.-XIV. Periode	100	92	86	101	101	16	13	22	13	13

Nach Tabelle 59 ergibt sich, daß im Durchschnitt der 14 Perioden das ebene Gefäß ebenso viel verdunstete, als die nach Süden und Westen geneigten Gefäße, daß an der Nord- und Ostexposition die Verdunstung um etwa 10 % geringer war. Der Durchschnitt für die III.—XIV. Periode ist der Vergleichung zugrunde gelegt, weil in der I. und II. Periode die Gefäße 7 und 10 fehlen.

Unter den jungen Ahorn beträgt die Verdunstung des ebenen Gefäßes noch 22%, unter dem Buchenbestande sogar nur noch 13% des im Freien verdunsteten Quantums.

Daraus geht der Einfluß des Kronendaches auf die Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit sehr deutlich hervor.

Die Verdunstung des Wassers dauert in der Regel auch während der Nacht fort. Nur an 3 Tagen waren einige Gefäße um 1—4 g schwerer gewesen als am Abend vorher.

Im Freien ist die bei Nacht verdunstete Menge gering, unter dem Kronendach beträgt dagegen die bei Nacht verdunstete Menge mehr als ein Drittel der gesamten verdunsteten Wassermasse.

Im Durchschnitt der III.—XIV. Periode verdunsteten nämlich bei Nacht von der gesamten verdunsteten Wassermenge

Nr. 1 Eben . . . . 7 %,
„ 2 nördlich geneigt . . . . . 13 %,
„ 3 östlich „ . . . . 11 %,
„ 4 südlich „ . . . . 8 %,
„ 5 westlich „ . . . . 12 %.

Dagegen

Nr. 8 unter Ahorn . . . . 27 %,
„ 9 im Buchenbestand . . . . 39 %,
„ 10 „ „ . . . . 42 %.

In den Gefäßen, welche nur 10 cm tief waren, konnte Wasser aus tieferen Schichten des Bodens nicht aufsteigen. Die Resultate entsprechen also einem flachgründigen, durch eine Kiesschicht oder eine Felsplatte von den tieferen Lagen abgetrennten Boden.

6. Die Untersuchungen wurden 1902 und 1904 bei Tübingen fortgesetzt. Die Bedingungen der Verdunstung waren mehrfach abgeändert, schlossen sich aber den natürlichen Verhältnissen an und sollten über mancherlei in der Praxis sich erhebende Fragen Aufschluß geben.

So spielt die Austrocknung des Bodens eine wichtige, manchmal entscheidende Rolle bei den verschiedenen Arten und Graden der Durchforstung, den Lichtungshieben, Verjüngungsschlägen, bei der Pflanzweite, dem Unterbau, der Mischung der Holzarten usw. Ein genaueres Bild der Veränderungen im Boden zu entwerfen ist nicht möglich, wenn nicht exakte Untersuchungen über die quantitative Änderung der Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung stehen.

7. An der Sonne vollständig getrockneter Boden wurde in 20 cm lange und breite und 10 cm tiefe Blechgefäße eingefüllt, mit 1000 g Wasser begossen und während einer Trockenperiode — d. h. einem Zeitraum ohne Niederschläge — unter verschiedenen äußeren Umständen in den Boden bis zum Rand eingegraben und der Verdunstung ausgesetzt.

Zur Untersuchung gelangten die vier Hauptbodenarten: Ton, Lehm, Sand, Humus in der Weise, daß je ein Gefäß im Versuchsgarten

1. offen belassen,
2. mit Buchenlaub,
3. mit Moos bedeckt wurde,

um den Einfluß einer Laub- und Moosdecke auf die Verdunstung von Wasser aus dem Boden nachweisen zu können.

Unmittelbar neben dem Versuchsgarten wurden Beobachtungen über die Wirkung des Bestandesschlusses eingeleitet, indem die Verdunstung

4. unter vollständig geschlossenen 18 jährigen Douglastannen und
5. unter einem etwa 100 jährigen aus Eichen und Hainbuchen gemischten Bestande

gemessen wurde.

Die I. Periode der Beobachtung reicht v. 26. Mai 4 Uhr b. 7. Juni 4 Uhr 1902
„ II. „ „ „ „ „ 26. Juni 4 „ „ 7. Juli 1 „ 1902

Die Wägungen wurden täglich um 8 Uhr morgens und 4 Uhr nachmittags vorgenommen, so daß die Verdunstung bei Tag von derjenigen bei Nacht in der Hauptsache getrennt werden kann.

Die Größe der verdunsteten Wassermenge wechselt von Tag zu Tag, ist in den ersten 4—5 Tagen am höchsten und nimmt unregelmäßig ab. Neben der Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und der Temperatur des Bodens ist der Einfluß des Windes von erheblicher Bedeutung; dieser letztere macht sich in den offenen Gefäßen mehr geltend, als in denjenigen, welche durch Laub oder Moos vor unmittelbarer Berührung mit der Luft geschützt sind oder durch den Bestand einige, der Größe nach vorerst unbekannte Abschwächung des Windes erfahren.

8. In der nachstehenden Tabelle 60 sind die Ergebnisse beider Perioden zusammengefaßt; es ist unter A der absolute Betrag eingesetzt, der von 1000 + 1000 = 2000 g Wasser verdunstete. Sodann sind die relativen Werte berechnet und unter B, a und b aufgeführt worden.

Tabelle 60.

Verdunstung von Wasser aus dem Boden im Mai, Juni und Juli 1902.

Bodenart	Es verdunsteten in der I. und II. Periode von 2000 Gramm Wasser: 1. Offen	2. Unter Laub	3. Unter Moos	4. Unter geschlossenen 18jährigen Douglastannen	5. Unter geschlossenen 100jährigen Eichen und Hainbuchen	Zusammen
A. Absolut Gramm						
Ton	1804	1080	884	366	699	4833
Lehm	1681	1122	999	354	643	4799
Sand	1595	1158	1148	358	657	4916
Humus	1070	888	914	333	522	3727
Zusammen	6150	4248	3945	1411	2521	18275
B. Verhältniszahlen. a. Setzt man die im offenen Gefäße verdunstete Menge = 100, so ergeben sich folgende Verhältniszahlen:						
Ton	100	60	49	20	39	
Lehm	100	67	60	21	38	
Sand	100	73	72	23	41	
Humus	100	83	85	31	49	
Im Durchschnitt	100	70	65	25	47	
b. Setzt man die Verdunstung des Lehms = 100, so ergeben sich für die einzelnen Bodenarten folgende Verhältniszahlen:						
Ton	108	96	88	104	109	101
Lehm	100	100	100	100	100	100
Sand	95	103	115	101	102	103
Humus	64	79	92	94	81	78

Durch die Laub- und Moosdecke wird die Verdunstung im Freien um 30 bezw. 35% herabgesetzt. Der Bestandesschluß hat eine weit stärkere Wirkung, die hochstämmigen Eichen und Hainbuchen setzen die Verdunstung um 53, die tief beasteten, etwa 8 m hohen Douglastannen sogar um 75% herab.

Die Verdunstung aus Ton, Lehm und Sand ist nur unbedeutend verschieden, während diejenige aus Humus hinter diesen Bodenarten entschieden zurückbleibt; der Abstand beträgt im Freien 36%, bei bedecktem Boden und unter dem Bestandesschlusse wird der Unterschied geringer.

9. Eine weitere Reihe von Beobachtungen mit tonigem Lehm sollte in den Vorgang der Verdunstung von Wasser aus dem Boden noch genaueren Einblick gewähren. Einmal wurde die Verdunstung bei Nacht, d. h. von 4 Uhr abends bis 8 Uhr morgens und diejenige bei Tag von 8—12 Uhr und von 12—4 Uhr getrennt gehalten. Sodann sollten die im Walde am häufigsten vorkommenden Fälle des ganzen Schattens, des Seitenschattens und der vollständigen Besonnung zum Ausdruck kommen. Auf Grund dieser Erwägungen wurde die Untersuchung in folgender Weise ausgeführt:

1. Ein Gefäß erhielt den ganzen Tag die Bestrahlung durch die Sonne;
2. ein Gefäß erhielt bis 12 Uhr keine Besonnung, sondern nur von 12 Uhr bis ca. 7 Uhr abends;
3. ein Gefäß erhält bis 12 Uhr Bestrahlung, nachher nicht mehr;
4. ein Gefäß war den ganzen Tag ohne direkte Bestrahlung.

Es waren also die Gefäße den ganzen Tag „beschattet", oder nur morgens oder nur nachmittags; den Gegensatz bildet die Bestrahlung während des ganzen Tages.

Durch dreimalige Wägungen ließ sich feststellen, wie viel

a) von abends 4 Uhr bis morgens 8 Uhr,
b) von morgens 8 Uhr bis mittags 12 Uhr,
c) von mittags 12 Uhr bis abends 4 Uhr

verdunstete.

Die I. Periode der Beobachtung dauerte von 26. Mai 4 Uhr bis 7. Juni 4 Uhr 1902;
die II. Periode der Beobachtung dauerte von 26. Juni 4 Uhr bis 7. Juli 12 Uhr 1902.

10. Die Ergebnisse der Wägungen sind in Tabelle 61 enthalten.

Das meiste Wasser verdunstet in den Gefäßen 1, 2, 4 der gestiegenen Luft- und Bodentemperatur entsprechend am Nachmittag, dagegen in Gefäß 3 am Vormittag; von 12 Uhr bis 4 Uhr beträgt die Verdunstung fast soviel, als während der Nacht und am Vormittag zusammen und zwar im vollbesonnten, wie im gar nicht bestrahlten

Gefäß. Bemerkenswert ist ferner, daß die Verdunstung bei Nacht etwa 25 % der gesamten Verdunstung beträgt.

Tabelle 61.

Verdunstung von Wasser aus tonigem Lehm im Mai, Juni, Juli 1902.

Besonnungsverhältnisse	Es verdunsteten in der I. und II. Periode von 2000 Gramm Wasser Gramm			
	von abends 4 h bis morgens 8 h	von morgens 8 h bis mittags 12 h	von mittags 12 h bis abends 4 h	Zusammen
1. Den ganzen Tag besonnt . . .	317	508	884	1709
2. Nur von 12 h mittags bis abends 7 h, d. h. nachmittags besonnt .	335	116	826	1277
3. Nur von morgens bis mittags 12 h, d. h. vormittags besonnt .	388	734	431	1553
4. Den ganzen Tag ohne direkte Bestrahlung	239	94	383	716
Zusammen .	1279	1452	2524	5255
a. Setzt man die im Schatten verdunstete Menge = 100, so ergeben sich folgende Verhältniszahlen:				
1. Den ganzen Tag besonnt . . .	133	546	230	238
2. Nur nachmittags besonnt . . .	140	125	216	178
3. Nur vormittags besonnt. . . .	162	789	113	217
4. Gar nicht bestrahlt	100	100	100	100
b. Von der gesamten verdunsteten Menge entfallen % auf die Zeit				
1. Den ganzen Tag besonnt . . .	18	30	52	
2. Nur nachmittags besonnt . . .	26	9	65	
3. Nur vormittags besonnt. . . .	25	47	28	
4. Gar nicht bestrahlt	33	13	54	
Im Durchschnitt .	24	28	48	

Durch die Besonnung während des ganzen Tages wird die Verdunstung gegenüber dem voll beschatteten Gefäß auf das 2,38 fache gesteigert. Da der Boden in den besonnten Gefäßen höhere Temperatur hat, so ist auch bei Nacht ihre Verdunstung gesteigert gegenüber den voll beschatteten.

11. Im Jahre 1904 wurde eine weitere Reihe von Beobachtungen eingerichtet, um speziell die Wirkung der Löcherhiebe und der Lichtungen bei der Schirmverjüngung auf die Verdunstung von Wasser aus dem Boden feststellen zu können.

Im Versuchsgarten und unmittelbar nebenan im 100 jährigen Buchenbestande wurde die Verdunstung einer freien Wasserfläche, sowie die Verdunstung des Wassers aus dem Boden und zwar unter Buchenschluß und auf einer Bestandeslücke von 10 m Länge und 3 m Breite,

also einer Fläche von 30 qm gemessen. Auf der Lücke waren 4 Bäume entfernt worden.

Dadurch sollte der Einfluß des Löcherhiebs zum Ausdruck kommen. Da die Gefäße unter dem Schluß der Buchen unmittelbar neben der Lücke aufgestellt waren, so ist möglich, daß gegen Nachmittag die Lücke einen Einfluß auf die naheliegende Stelle unter dem Schlusse der Buchen ausübte, insofern als die Sonne seitlich kurze Zeit auf den Boden scheinen kann; dadurch würde die Verdunstung unter Schluß etwas zu groß geworden sein. Die vorliegende Versuchsreihe ist übrigens nur als eine Art Voruntersuchung zu betrachten; sie sollte zunächst nur darüber Aufschluß geben, wie die ausgedehnteren Beobachtungen einzurichten sind. Aber auch die Ergebnisse dieser vorläufigen Untersuchungen sind von Interesse, weshalb sie in kurzer Fassung in Tabelle 62 mitgeteilt werden.

Die Wägungen begannen am 7. Juli 1904 und endigten am 21. November 1904; sie erfolgten im Juli bis September um 8 Uhr, 11 Uhr, 2 Uhr, 5 Uhr, im Oktober und November um 8 Uhr und 5 Uhr.

Tabelle 62.

Verdunstung von Wasser aus dem Boden im Freien, unter Buchenschluß und in einer Lücke im Buchenbestand im Sommer 1904.

	Es verdunsteten aus dem Boden an Wasser: Gramm		
	Im Freien	In einer Lücke im Buchenbestand	Unter dem geschlossenen Buchenbestand
1904 Juli	1510	1170	1165
August	1925	1154	1233
September . .	2155	750	790
Oktober . . .	955	450	375
November . .	210	175	210
Zusammen . .	6755	3699	3773
Setzt man die im Freien verdunstete Menge = 100, so ergeben sich folgende Verhältniszahlen:			
Juli	100	77	77
August	100	60	64
September . .	100	35	37
Oktober . . .	100	47	39
November . .	100	83	100
Zusammen . .	100	55	56

12. Die Zahlen zeigen eine große Übereinstimmung. Der Eichen- und Hainbuchenbestand setzte 1902 die Verdunstung von 100 auf 47 herab; für den Buchenbestand berechnet sich die Verminderung 1904 von 100 auf 56.

Die Verdunstung in der Lücke ist fast genau gleichgroß, wie diejenige unter dem geschlossenen Kronendach un-

mittelbar nebenan; namentlich im Juli, August und September, also in den heißesten Monaten, ist der Unterschied verschwindend klein. Die Gefäße liegen im Oberschatten bezw. Seitenschatten der Buchen; eine direkte Bestrahlung findet auf der Lücke nur zur Zeit des höchsten Standes der Sonne statt; das Gefäß unter Schluß konnte nachmittags kurze Zeit von der Sonne beschienen werden.

Dieser Umstand kommt auch in den einzelnen Zahlen zum Ausdruck, wenn die Beobachtungszeiten getrennt berechnet werden, wie es in Tabelle 63 geschehen ist. Von 2 Uhr bis 5 Uhr ist die Verdunstung unter dem Schluß größer als in der Lücke, während sie sonst gleich groß oder geringer ist.

Tabelle 63.

Verdunstung von Wasser aus dem Boden nach Tageszeiten in Gramm.

1904	1. Von abends 5 Uhr bis morgens 8 Uhr			2. Von morgens 8 Uhr bis vormittags 11 Uhr			3. Von vormittags 11 Uhr bis nachm. 2 Uhr			4. Von nachmittags 2 Uhr bis nachm. 5 Uhr		
	im Freien	in der Lücke	unter Schluß	im Freien	in der Lücke	unter Schluß	im Freien	in der Lücke	unter Schluß	im Freien	in der Lücke	unter Schluß
Juli	240	380	455	385	160	120	475	395	330	410	235	260
August	330	395	390	440	120	123	635	304	365	520	335	355
September	415	285	275	350	107	150	800	193	140	590	165	225
Zusammen	985	1060	1120	1175	387	393	1910	892	835	1520	735	840
	100	108	114	100	33	33	100	47	44	100	48	55

Die Lücke von 30 qm Größe hat also eine merkliche Veränderung in der Verdunstung nicht herbeigeführt.

13. Die Beobachtungen wurden 1905—08 fortgesetzt.

Tabelle 64.

Jahr	Es verdunsteten aus dem Boden Gramm Wasser			Es verdunsteten gegenüber der Menge im Freien %	
	im Garten frei	in einer Lücke des Buchenbestandes	unter den geschlossenen Buchen	in der Lücke	unter dem geschlossenen Bestand
1905	21 175	10 395	9 945	49	47
1906	23 605	11 315	11 050	48	47
1907	22 460	9 280	9 725	41	43
1908	20 650	10 725	10 665	52	52
	87 890	41 715	41 385	48	47

Die Zahlen der einzelnen Jahre weichen sehr wenig von einander ab.

14. Bei größeren Lücken gestalten sich die Verhältnisse anders. In der Abteilung 9 wurde ein schmaler Streifen von 25 m Länge und 17 m Breite abgeholzt; der Streifen hatte die Richtung Ost-West und war nach Osten offen. Nach den übrigen Richtungen war die abgeholzte Fläche von einem 80 jährigen Buchenbestand eingeschlossen (vergl. oben § 39). Die Blechgefäße wurden so aufgestellt, daß sie über die Lücke hin standen und auf beiden Seiten noch unter den geschlossenen Bestand hineinreichten.

Tabelle 65.

Es verdunsteten Gramm Wasser	1.—26. Juni 1910	23.-31. Juli 1910	2.—31. Aug. 1910	Zusammen
1. Auf der Nordseite der Lücke unter Buchen; mit Lichteinfall von Süden	620	325	927	1872 (57)
2. Auf der Nordseite; 2 m vom Waldrand, oben offen; Lichteinfall von Süden	1605	440	1230	3275 (100)
3. In der Mitte der Lücke; volles Licht	1680	420	793	2893 (88)
4. Auf der Südseite; 2 m vom Waldrand, oben offen; Lichteinfall von Norden; nachmittags beschattet	655	250	550	1455 (44)
5. Auf der Südseite, unter Buchen; Lichteinfall von Norden; nachmittags beschattet	560	200	357	1117 (34)

Am meisten verdunstet auf der Nordseite der Lücke, wo die Licht- und Wärmestrahlen von Süden einfallen, sodann in der Mitte der Lücke. Auf der Südseite der Lücke, die beschattet ist, ist die Verdunstung am geringsten. Das beste Wachstum zeigen die Pflanzen, die in der Mitte der Lücke stehen.

15. Die Verdunstung von Wasser aus dem Boden auf der N.-, O.-, S.-, W.-seite eines 100 jährigen Buchenbestandes soll Aufschluß über den Einfluß der Beschattung zu verschiedenen Tageszeiten geben. Es wurden zwei Gefäße aufgestellt: das eine Gefäß war oben vollständig frei, das andere unter Buchengebüsch untergebracht. Die eine Untersuchung wurde vom 29. bis 31. Juli 1911, die andere vom 2. bis 31. August 1911 ausgeführt. Die Blechgefäße wurden mit trockenem Lehmboden gefüllt und mit 1 Liter Wasser begossen.

Es verdunsteten Gramm:

Tabelle 66.

	Nordseite	Ostseite	Südseite	Westseite
		des Buchenbestandes.		
A. 29.—31. Juli.				
Gefäß oben frei	95	145	195	150
Gefäß unter jungen Buchen	60	70	45 (?)	65

	Nordseite	Ostseite	Südseite	Westseite
		des Buchenbestandes.		
	B. 2.—31. August.			
Gefäß oben frei	637	981	1276	1246
Gefäß unter jungen Buchen	383	430	578	475
	Zusammen A und B.			
Gefäß oben frei	732 (100)	1126 (154)	1471 (201)	1396 (190)
Gefäß unter jungen Buchen	443 (100)	500 (113)	623 (140)	540 (122)
	Freies Gefäß = 100			
unter Buchen	61	44	42	39

Die Verdunstung ist auf der N-Seite am geringsten, nimmt im O. und noch mehr im S. zu, um im W. etwas zu fallen. Dieses Steigen und Fallen zeigt sich auch bei den Gefäßen unter jungen Buchen; die Unterschiede sind aber erheblich geringer (von 40 % gegen 101 %). Die absolute Größe der Verdunstung wird durch die jungen Buchen bedeutend herabgesetzt: im Gesamtdurchschnitt von 100 auf 45.

16. Der Schluß der Bestände ist in der Regel unregelmäßig. Die Verdunstung von Wasser aus dem Boden wird daher in großen Beständen sehr ungleich sein. In kleineren Lücken (Löcherhieben) die durch den Aushieb von 1—5 Stämmen entstehen, wird die Verdunstung von der des geschlossenen Bestandes nicht sehr verschieden sein. Dasselbe gilt von schwachen Aushieben bei der Schirmverjüngung. Erheblicher sind die Unterschiede der Verdunstung bei streifen- oder bandförmigen Abholzungen, die der Sonne längere Zeit Zutritt gestatten.

Je regenarmer eine Gegend ist, um so mehr wird die Verringerung der Verdunstung ins Gewicht fallen. In regenreichen Gebieten wird in manchen Beständen die Verdunstung befördert werden müssen, wenn nicht nasse und zugleich kalte Bodenstellen sich bilden sollen.

§ 94. Das Grundwasser.

1. Das durch die Niederschläge zum Boden gelangende Wasser sickert in den Boden ein. Was nicht vom Boden festgehalten oder durch die Vegetation verbraucht wird, sinkt durch die Risse, Spalten und Hohlräume in immer größere Tiefen, bis es auf eine undurchlässige Schichte des Bodens gelangt. Auf dieser sammelt sich das Wasser an, als sog. Grundwasser und erfüllt bei ebener oder muldenförmiger Lage die Hohlräume der untersten Bodenschichten. Ist die undurchlassende Schicht geneigt, so fließt das Wasser in der Richtung des stärksten Gefälls ab und tritt als Quelle zutage oder ergießt sich unmittelbar in die Bäche und Flüsse.

Es hängt von den Lagerungsverhältnissen des Gesteins und des Bodens ab, ob die undurchlassende Schicht mehr oder weniger tief

unter der Oberfläche liegt. Manchmal findet sie sich schon bei 30, 50. 80, 100 cm; vielfach bei 2—10 m unter der Oberfläche, kann aber auch erst bei 70 m auftreten (südliches Bayern).

Wasser, das mehr als 2 m unter der Oberfläche liegt, ist für die Vegetation nur noch von geringer Bedeutung. Die Wurzeln der Ackergewächse sind selten mehr als 50 cm lang. Auch die Hauptmasse der Baumwurzeln verbreitet sich in der Tiefe von 0—50 cm. Da das Wasser 50, auch 70 und 80 cm kapillar in die Höhe steigt, so wird die tiefer gelegene Wasserschicht nur von den 2—5, selbst 8 m tief in den Boden dringenden Pfahlwurzeln erreicht. Die Bedeutung des Grundwassers liegt in manchen Fällen nur in der Sättigung der tieferen Schichten, wodurch für die höher gelegenen Schichten mehr Wasser übrig bleibt.

Von praktischer Bedeutung ist die noch nicht genügend bekannte Feststellung, daß in einem Tale neben dem Wasser, das im offenen Gerinne fließt, sich ein Grundwasserstrom abwärts bewegt, der so bedeutende Wassermengen liefert, daß sogar die Wasserversorgung großer Städte aus dem Grundwasserstrom geschieht.

2. Untersuchungen über die Grundwasserverhältnisse sind meistens in den Städten angestellt worden, teils aus hygienischen Gründen (Pettenkofer in München), teils aus Gründen der Wasserleitung und Wasserversorgung.

Die neueren geognostisch-agronomischen Karten enthalten jetzt vielfach Nachweise über die Wasserverhältnisse im Boden. Doch ist noch ein weites Gebiet für die Durchforschung offen.

Die Literatur ist nicht sehr umfangreich und gehört fast durchweg der neuesten Zeit an[1]).

Die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen lassen sich im allgemeinen dahin zusammenfassen, daß das Grundwasser in den Monaten Juni, Juli, August am höchsten, in den Herbst- und Wintermonaten am tiefsten steht, daß diese Bewegung aber nach Gegenden verschieden — z. B. in Berlin anders als in München verläuft.

---

[1]) Keilhack, Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde 1912. 545 Seiten. Ebermayer, Einfluß der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit, auf das Sickerwasser, auf das Grundwasser. 1900. Zeitschrift für Gewässerkunde. 1898. (Aus dem Inhalt dieser Zeitschrift sind besonders zu erwähnen die Abhandlungen von P. Ototzky in Petersburg. Der Einfluß der Wälder auf das Grundwasser. Jahrge. 1898—1900.) Vater, Wasserabgabe aus dem Walde. Bericht über die 49. Vers. d. Sächs. Forstvereins. 1905. J. Soyka, Die Schwankungen des Grundwassers. 1888. In Pencks Geogr. Abhandl. Bd. II Heft 3. Wollny, Einfluß der atmosphärischen Niederschläge auf die Grundwasserstände im Boden, Forschungen 14, 335. 18, 392. 20, 187. Ramann, Bodenkunde. ³ 360. Henry, Les forêts et les eaux souterraines dans les regions des plaines. Revue des Eaux et Forêts. 1898. Août. Ferner in Bull. mens. de la Societé des Sciences de Nancy. 1901. La Pédologie 1913, 1. Henry, Les Sols Forestiers. 1908. 316 ff. Ney, Gesetze der Wasserbewegung etc. 1911.

3. Über die Grundwasserverhältnisse im kahlen Boden und dem mit einer Pflanzendecke versehenen Boden hat Wollny 1888 und 1889 Untersuchungen angestellt. Es ergab sich[1]), daß 1. „im nackten Boden im allgemeinen das Grundwasser mit den Niederschlägen steigt und fällt, solange das im Boden sich ansammelnde Wasser die Oberfläche nicht erreicht hat"; 2. daß „in einem mit einer vegetierenden Pflanzendecke versehenen Boden sich während des Sommerhalbjahrs selbst bei größerer Mächtigkeit der Bodenschicht (bis zu 1,20 m) Grundwasser entweder gar nicht oder nur vorübergehend bildet".

4. Nach Ototzkys Untersuchungen im südlichen und nördlichen Rußland liegt überall das Wasser im Walde tiefer, als im Freiland[2]).

5. Ebermayer und Hartmann[3]) kommen auf Grund von Untersuchungen in Bayern (bei Nürnberg und Mindelheim) zu dem Schlusse, daß in der dortigen klimatischen Zone „durch den Wald weder eine Depression, noch eine Anschwellung des Grundwassers hervorgerufen wird und daß bewaldetes Terrain den Grundwasserstand nicht anders beeinflußt, als unter sonst gleichen Verhältnissen ein unbewaldetes Gebiet" (weil dort das entzogene Wasser durch seitlichen Zufluß wieder ersetzt wird).

6. Henry gibt auf Grund von Beobachtungen bei Luneville an, daß das Niveau des Grundwassers in allen Jahreszeiten im Walde wenigstens 30 cm tiefer stehe, als außerhalb des Waldes[4]).

7. Nach den oben genannten Untersuchungen würde im Walde das Grundwasser tiefer stehen als außerhalb des Waldes (die bayerischen Ergebnisse stehen diesem Resultate nicht direkt entgegen).

Ob die geologischen und stratigraphischen Verhältnisse innerhalb und außerhalb des Waldes bei jenen Untersuchungen genau dieselben waren, läßt sich nur schwer feststellen. Diese Fehlerquelle in allen diesen Untersuchungen läßt sich nie ganz beseitigen. Sodann kann der Termin der Beobachtungen — alle 8 oder 14 Tage etc. — mancherlei Zufälligkeiten in das Resultat bringen. Endlich ist der Unterschied in der Bewegung des Grundwassers, je nachdem dieses tief oder weniger tief unter der Oberfläche liegt, nicht genügend hervorgehoben worden.

8. Beim Versuchsgarten Großholz sind seit 1906 Grundwasserstationen eingerichtet. Ihre Zahl beträgt 23. Sie sind teils auf vegetationslosem Waldboden, teils auf einer Wiese, teils im Buchen-, Hain-

---

[1]) Forschungen. 14, 344.

[2]) Zeitschr. für Gewässerkunde. 1899, 174.

[3]) Unters. über den Einfluß des Waldes auf den Grundwasserstand. Jahrbuch des Bayer. Hydrot. Bureaus 1903.

[4]) Les sols f. Seite 319.

buchen-, Eichen-, Tannenwalde angebracht. Sie liegen nahe bei einander teils auf einem Plateau, so daß ein seitlicher Zufluß nicht möglich ist, teils auf einer Terrasse des bewaldeten Westhanges. Die Niederschlagsmenge des Gebietes beträgt 6—700 mm.

Die Messungen des Wasserstandes — der Tiefe des Wasserspiegels unter der Oberfläche — finden täglich statt. Es mag gleich bemerkt werden, daß die täglichen Kurven einen ganz anderen Verlauf zeigen, als sie auf Grund der in längeren Zwischenräumen angestellten Beobachtungen sich ergeben. Die Beobachtungen sind noch nicht abgeschlossen; die bisherigen Ergebnisse können daher noch nicht als endgültig betrachtet werden. Immerhin übertreffen die Beobachtungen an Dauer und Regelmäßigkeit alle sonstigen ähnlichen Untersuchungen. Insbesondere erstreckten sie sich auf regenarme, wie regenreiche Jahre.

9. Zeichnet man die Wasserstände graphisch zugleich mit den Niederschlagsmengen auf, so läßt sich die Bewegung des Wasserstands auf allen Stationen leicht übersehen und ihr Zusammenhang mit den Niederschlägen unschwer erkennen. Die Bohrlöcher sind 100, meist 140—160, auch 200 cm tief.

1) Starke Niederschläge (20—30 mm) rufen — ausgenommen sind sehr trockene Perioden — auf allen Stationen ein plötzliches starkes 40 cm und darüber betragendes Steigen des Grundwasserstandes hervor.

2) Der höchste Wasserstand hält nur einen Tag an; lassen die Niederschläge nach, so tritt ein rasches Sinken des Grundwasserstandes auf allen Stationen ein.

3) Diese Bewegung ist in der Regel auf allen Stationen eine ganz gleichmäßige.

4) Die Bohrlöcher im Walde — unter Tannen und Buchen — sind fast das ganze Jahr ohne Grundwasser. Selbst im regenreichen Jahre 1910 war nur an 15 Tagen während des ganzen Jahres Wasser vorhanden; im dürren Jahre 1911 war dies nur an 10 Tagen bei einem Bohrloch, das auf einem schmalen Rücken liegt, nur an 6 Tagen der Fall.

5) Regelmäßig findet sich Grundwasser nur auf dem Plateau auf kahlem Boden, auf der Wiese und unter ca. 10 jährigen Buchen und Tannen. Auf dem kahlen Boden hielt das Wasser im Dürrejahr 1911 ohne Unterbrechung an. Unter jungen Buchen und Tannen blieb es vom 13. Juni 1911, auf der Wiese vom 27. Juni an aus bis 28. Dezember 1911. Die Austrocknung durch die Vegetation älterer Bäume ist sehr bedeutend. In dieser Beziehung stimmen die Beobachtungen im Großholz mit denen aus anderen Gegenden vollständig überein.

In vielen Fällen ist für die Waldvegetation das Grundwasser ohne Bedeutung. Es dient weder als Reserve von Wasser für die Bäume.

noch wird die Anreicherung des Bodens mit den im Grundwasser gelösten mineralischen und organischen Nährstoffen nennenswert sein.

Am Hange dagegen kann je nach dem Verlauf der Schichtung die Zufuhr des Wassers von Wichtigkeit sein[1]).

§ 95. Praktische Schlußfolgerungen.

1. Die Regelung des Wasservorrats im Boden muß als eine der Hauptaufgaben der praktischen Wirtschaft betrachtet werden. Es gibt keinerlei praktische Maßnahme im Walde, die nicht auf den Wassergehalt des Bodens einwirken würde.

2. Trockene Jahrgänge und in noch höherem Grade Dürrejahre zeigen durch ihre verheerende Wirkung, daß die untere Grenze der Bodenfeuchtigkeit im Walde vielfach erreicht ist. In allen regenarmen Gebieten (400—700 mm Niederschlag) muß die Sorge auf die Erhaltung bezw. Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit gerichtet sein.

Bei 1000 mm Niederschlag fließen 600 Liter Sickerwasser pro qm ab, d. h. so viel, als der Boden bei 600 mm Niederschlag überhaupt zugeführt erhält. Von diesen letzteren 600 Litern fließen etwa 300 Liter als Sickerwasser ab. In der ersteren Gegend bleiben pro qm 400, im letzteren nur 300 Liter pro qm im Boden zurück. Ersterer hat einen Überschuß von 100 Liter pro qm (= + 33%) oder 1000000 Liter pro ha für die Vegetation zur Verfügung. Welche Bedeutung diese Wassermenge für die Produktion hat, zeigen die „feuchten Lagen" fast in jedem Bestande.

3. Die gewöhnliche Vorstellung, daß unter dem beschattenden Kronendach der Waldbäume die Feuchtigkeit höher sei, als im freigelegenen Boden ist im allgemeinen unrichtig. In den tieferen Schichten ist der Boden trockener, nur in den obersten Lagen feuchter als im Freiland. Je dichter geschlossen ein Bestand ist, um so geringer ist die Wassermenge, die im Boden vorhanden ist. Bei der natürlichen Verjüngung, bei Unterbauungen etc. ist dies von entscheidender Bedeutung.

4. Die Frage des Bodenwassers ist am Hange von besonderer Wichtigkeit, weil das Wasser in die Tiefe sinkt;

5. ferner in Gebieten mit hoher Temperatur, weil die Verdunstung sehr stark ist.

6. Durch die Erhaltung des Humus, der die Feuchtigkeit aufspeichert, kann praktisch am meisten auf den Stand der Bodenfeuchtigkeit eingewirkt werden.

7. Da von 12—4 Uhr nachmittags die Verdunstung von Wasser aus dem Boden am größten ist, so wird die Beschattung am Nachmittag am günstigsten für die Erhaltung der Feuchtigkeit einwirken.

---

[1]) Über die Grundwasserverhältnisse in Dünen vgl. Keilhack, 150.

IV. Die Temperatur des Bodens.

§ 96. Allgemeines.

1. Die wichtigste Wärmequelle für den Boden ist die Wärmestrahlung der Sonne. Die bei verschiedenen chemischen Prozessen (wie Fäulnis, Verwesung) im Boden entstehenden Wärmemengen sind meistens so gering (Erhöhung der Temperatur um ca. 0,2, ausnahmsweise 1—2°) und so wechselnd, daß sie praktisch nicht in Betracht kommen können.

Die Stationen für die Beobachtung der Bodentemperatur sind nicht zahlreich, so daß wir über die Temperaturverhältnisse des Bodens weit weniger unterrichtet sind, als über die Temperatur der Luft. Für die Vegetation ist aber die Bodentemperatur von höchster Bedeutung. Allerdings wird der Temperatur des Bodens praktisch und wissenschaftlich zu wenig Wert beigelegt.

2. Die physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge im Boden sind von dessen Temperatur abhängig.

a) Die Aufnahme des Wassers und der Nährsalze durch die Wurzeln,
b) die Verwesung der organischen Substanzen und die hiebei entstehende Kohlensäure,
c) die Tätigkeit der Mikroorganismen,
d) die Löslichmachung der Nährsalze,

also die Faktoren, welche die Ertragsfähigkeit des Bodens und die Produktion organischer Substanz bedingen, werden durch die höhere Bodentemperatur günstig beeinflußt. Für landwirtschaftliche Gewächse wird das Optimum der Bodentemperatur auf 20—25, das Maximum auf 35—40° angegeben. Im Juli erreicht mit dem Maximum der Bodenwärme die Transpiration, die Ernährung und die Produktion den höchsten Betrag, wenn genügender Wasservorrat im Boden vorhanden ist. Mit dem Sinken der Bodentemperatur tritt eine geringere Ernährung und mangelhafte Produktion ein.

3. Die Temperatur des Bodens ist von mehreren Faktoren abhängig, die einer getrennten Untersuchung unterworfen werden sollen. Zunächst wird der jährliche Gang der Bodentemperatur zur Darstellung kommen, wie er sich für verschiedene Tiefen, insbesondere für die Wurzelregion ergibt.

Dann wird die Temperatur verschiedener Bodenarten, des nassen und trockenen und des in verschiedenen Meereshöhen gelegenen Bodens zu untersuchen sein.

Welcher Unterschied der Bodentemperatur vorhanden ist, je nachdem der Boden kahl, mit Laub oder Nadeln bedeckt, mit Gras oder jungen Pflanzen oder mit älteren Bäumen bestockt ist, wird einen weiteren Gegenstand des Studiums bilden.

§ 97. Die monatliche und jährliche Bodentemperatur in verschiedener Tiefe.

1. Von 4 schweizerischen Stationen (Buus, Haidenhaus, Rigi-Scheidegg, Sils-Maria), deren Höhenlage von 450—1810 m sich erstreckt, sind in Tabelle 67 die Monats- und Jahrestemperaturen des Bodens nachgewiesen [1]).

Bei der Station Haidenhaus [2]) sind die Bodentemperaturen im Laub- und Nadelwalde hinzugefügt (vergl. § 102).

Von der Station Rosental bei Breslau haben Schulze und Burmester die Bodentemperaturmittel von 1901—1910 und zur Vergleichung die Lufttemperatur aus verschiedener Höhe mitgeteilt [3]). Diese Angaben sind ebenfalls in Tabelle 68 aufgeführt.

Tabelle 67.

Bodentemperatur. 1. Buus, Kanton Baselland (450 m). 1895.

Monats- und Jahresübersichten.

Im Freien	Bodentemperatur			
	5 cm	30 cm	60 cm	120 cm
Januar	—0,4	0,0	0,8	3,6
Februar	—2,2	—1,5	0,3	2,8
März	1,5	0,6	0,5	2,1
April	11,4	7,2	6,4	5,0
Mai	16,0	11,3	10,7	8,8
Juni	21,1	15,4	14,6	11,7
Juli	22,7	17,3	16,9	14,1
August	20,0	15,8	16,0	14,5
September	17,3	14,0	14,9	14,3
Oktober	8,3	7,9	10,1	11,8
November	6,1	6,0	7,3	8,9
Dezember	1,9	2,4	4,0	6,5
Jahr	10,3	8,0	8,5	8,6

[1]) Aus den Mitt. d. Schweiz. V.-A.. 1.—5. Bd.

[2]) Die Daten von 1893 sind angeführt, weil 1895 durch Reparaturen der Thermometer Lücken in den Beobachtungsreihen entstanden.

[3]) Internat. Mitt. für Bodenkunde. Bd. II. Heft 2, 3. Zbl. f. Agrch. 42, 449.

2. Haidenhaus bei Steckborn (695 m) 1893.

Bodentemperatur	Im Freien 5 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	Im Laubholz 5 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm
Januar	—3,1	—2,3	—0,1	1,4	2,6	—1,5	—1,1	0,8	2,0	3,1
Februar	—0,8	—0,5	—0,2	0,8	1,8	—0.4	—0,4	0,5	1,4	2,2
März	4,6	3,0	2,6	2,7	2,9	2,7	1,0	1,4	1,8	2,2
April	12,6	10,3	9,0	7,7	6,9	9,6	6,8	5,8	5,0	4,5
Mai	15,3	12,9	12,2	11,1	10,2	9,9	9,0	8,0	7,6	7,0
Juni	18,2	15,6	14,8	13,6	12,5	12,8	11,2	10,2	9,3	8,6
Juli	19,2	17,7	17,1	16,0	14,9	14,7	13,7	12,7	11,5	10,6
August	19,4	17,6	17,3	16,3	15,3	15,0	14,0	13,1	12,1	11,4
September	15,0	14,2	15,2	15,0	14,8	11,8	11,7	11,8	11,7	11,3
Oktober	9,8	9,6	10,9	11,6	12,0	9,1	9,5	10,0	10,1	10,1
November	3,1	3,7	5,7	7,0	8,1	3,0	4,4	5,9	7,0	7,7
Dezember	—0,2	0,6	2,3	3,6	4,8	—0,1	1,1	2,6	3,8	4,8
Jahr	9,4	8,5	8,9	8,9	8,9	7,2	6,7	6,9	6,9	7,0

Bodentemperatur	Im Nadelholz 5 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm
Januar	—3,7	—2,5	0,0	1,3	2,5
Februar	—0,4	—0,5	—0,1	0,8	1,6
März	1,5	0,6	0,7	1,2	1,8
April	8,4	6,3	5,4	4,5	4,0
Mai	9,7	8,5	7,8	7,0	6,4
Juni	12,6	10,8	9,7	9,1	8,0
Juli	13,9	12,9	11,9	10,8	9,8
August	15,3	13,9	12,9	11,9	11,0
September	11,9	11,6	11,7	11,4	11,0
Oktober	9,0	9,1	9,7	9,9	9,8
November	2,4	3,5	5,4	6,6	7,3
Dezember	—0,4	0,6	2,3	3,5	4,4
Jahr	6,7	6,5	6,5	6,5	6,5

3. Rigi-Scheidegg (1665 m) 1895.

Im Freien	Bodentemperatur			
	5 cm	30 cm	60 cm	120 cm
Januar	—1,4	—0,8	0,4	2,1
Februar	—1,8	—1,3	0,1	1,6
März	—0,5	—0,5	0,1	1,4
April	1,7	0,5	0,4	0,9
Mai	7,7	5,0	3,8	2,4
Juni	11,5	9,5	8,4	5,9
Juli	14,0	12,3	11,5	8,8
August	11,8	11,0	11,0	9,8
September	13,8	11,6	11,8	10,6
Oktober	5,6	5,3	7,2	8,6
November	4,3	3,4	4,6	6,0
Dezember	—0,2	0,6	2,0	3,8
Jahr	5,5	4,7	5,1	5,2

4. Sils-Maria im Engadin (1810 m) 1895.

Im Freien	Bodentemperatur			
	5 cm	30 cm	60 cm	120 cm
Januar	—6,6	—5,3	—3,6	0,4
Februar	—4,9	—2,9	—2,3	—0,4
März	—2,2	—1,0	—1,2	—1,3
April	0,2	0,3	—0,1	—1,2
Mai	6,7	4,6	1,5	—1,2
Juni	11,2	10,2	8,4	3,2
Juli	15,7	13,3	11,9	7,1
August	13,4	12,4	12,0	8,6
September	13,6	11,5	11,8	8,8
Oktober	7,0	5,3	6,7	6,4
November	1,1	1,7	2,5	4,0
Dezember	—2,7	—1,3	0,3	2,3
Jahr	4,4	4,1	4,0	3,1

Tabelle 68.

5. Bodentemperatur in Rosental bei Breslau (ca. 120 m).

Monat	Temperatur der Erdtiefen					Temperatur der Luft			
	20 cm	40 cm	70 cm	100 cm	130 cm	unter Früchten 8 Uhr m.	auf freier Erdoberfläche 8 Uhr m	in $1^1/_2$ m Höhe über der Erdoberfläche 8 Uhr m.	in $1^1/_2$ m Höhe im Tagesmittel
Januar . . .	0,24	1,23	2,48	3,44	4,39	—	—3,35	—2,26	—1,16
Februar . . .	0,26	0,96	1,89	2,70	3,53	—	—1,88	—1,32	—0,08
März	2,48	2,89	3,22	3,50	4,01	—	1,04	1,77	3,42
April	6,95	6,93	6,47	6,05	5,92	—	6,72	7,18	7,65
Mai	12,70	12,46	11,18	10,00	9,26	—	13,86	13,43	13,46
Juni.	17,15	16,84	15,49	13,98	12,87	17,21	17,35	17,29	16,81
Juli	18,04	17,99	16,88	15,53	14,40	18,25	17,93	18,17	18,05
August . . .	17,24	17,46	16,97	16,07	15,33	15,75	16,07	16,76	17,78
September . .	13,76	14,48	14,67	14,49	14,30	11,81	11,62	12,35	13,72
Oktober . . .	9,73	10,76	11,59	11,93	12,21	7,50	6,80	7,49	9,36
November . .	4,22	5,62	7,08	7,99	8,98	—	1,09	1,61	2,97
Dezember . .	1,66	2,67	4,07	5,04	6,06	—	—1,16	—0,76	—0,05
Mittel: . . .	8,70	9,19	9,33	9,33	9,29	—	7,17	7,70	8,50
Mittel der Monate Juni bis Oktober	15,18	15,51	15,12	14,40	13,82	14,10	13,95	14,47	15,16

2. Ein rasches Steigen der Bodentemperatur findet im April statt, dessen Temperatur 8—10° über derjenigen des März steht. Die höchste Temperatur wird im Juli, in den tieferen Schichten im August erreicht. Der September hat namentlich in höheren Lagen Temperaturen, welche denjenigen des August sehr nahe kommen. Von 60—120 cm Tiefe ist die Änderung der Bodentemperatur nur noch gering.

Die stärksten Schwankungen finden in der obersten Bodenschichte statt. Die Temperatur, wie sie in niederen Lagen im April herrscht, wird bei 1810 m erst im Juni erreicht.

3. Vom 19.—23. August 1893 herrschte eine anhaltend hohe Temperatur. Es ist von Interesse, die Luft- und Bodentemperatur für diese Tage zu vergleichen.

	19.	20.	21.	22.	23. August 1893.
	Haidenhaus				
Lufttemperatur im Freien 1 Uhr	27.3	27,2	27,8	26,0	28,2
Bodentemperatur im Freien 1 Uhr					
Tiefe 5 cm	24,3	24,6	24,2	24,2	24,4

Die Bodentemperatur im Freien blieb in einer Tiefe von 5 cm in Haidenhaus 2—4° hinter der Lufttemperatur (im Schatten) zurück.

§ 98. Die Temperatur verschiedener Bodenarten.

1. Es ist eine längst bekannte Tatsache, daß die verschiedenen Bodenarten sich verschieden erwärmen. Bei der natürlichen Lagerung der verschiedenen Bodenarten kann die Feuchtigkeit, der Untergrund eine Veränderung der Temperatur herbeiführen.

Um diese Fehlerquellen auszuschließen, wurden Beobachtungen an Bodenarten gemacht, die in den Versuchsgärten Adlisberg und Großholz in ebener Lage auf denselben Untergrund gleich tief und neben einander eingefüllt waren.

2. Im Versuchsgarten Adlisberg wurden an 9 schweizerischen Bodenarten Temperaturbeobachtungen angestellt, deren Ergebnisse A. Henne bearbeitet hat[1]). Die folgenden Ausführungen sind der Abhandlung Hennes vielfach wörtlich entnommen; sie lassen den Zusammenhang der Beobachtungen mit den Bedürfnissen der praktischen Wirtschaft deutlich hervortreten. Im übrigen muß auf die Abhandlung selbst verwiesen werden.

Es waren von den wichtigsten schweizerischen Bodenarten ebene Beete von ca. 25 m^2 Flächeninhalt und 40 cm Tiefe hergestellt worden.

Die folgenden Bodenarten waren vertreten:

1. Verrucano, aus der Nähe von Murg am Walensee (St. Gallen),
2. Bündnerschiefer, aus der Nähe von Chur,
3. Flysch, aus der Nähe von Alpnachstad,
4. Gneis, aus der Nähe von Amsteg,
5. Humus, Torferde von Schwamendingen,
6. Jura-Kalk, aus der Nähe von Baden,
7. Sand, aus einem Steinbruch der oberen Süßwassermolasse im Adlisberg,
8. Ton, der im Versuchsgarten anstehende lehmige Tonboden,
9. Kreidekalk, aus der Nähe von Stansstad.

Den Bodenarten 1, 2, 3, 4, 6, 7 und 9 fehlt der Humus, da sie unmittelbar aus den Steinbrüchen und Schutthalden genommen wurden. Nr. 8 Ton enthält als ehemaliger Waldboden nur verschwindend kleine Mengen von Humus.

Infolge der Größe der Quecksilbergefäße entspricht die gemessene Temperatur der mittleren Temperatur der 3—5 cm unter der Oberfläche sich befindenden Erdschichte.

Rings um die Thermometer war der Boden kahl.

---

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 3, 137.

3. Nach dem Durchschnitt der 7 Monate April bis Oktober stellen sich die Bodenarten bezüglich ihrer Erwärmung in folgende Reihe:

Verrucano	16,8	Farbe des Bodens rot.
Bündnerschiefer .	16,8	„ „ „ schwarz.
Flysch	16,8	„ „ „ weißgrau.
Gneis	16,2	„ „ „ gelbgrau.
Humus	15,9	„ „ „ schwarz.
Jura-Kalk	15,9	„ „ „ gelb.
Sand	15,7	„ „ „ grau.
Ton.	15,4	„ „ „ dunkelgrau.
Kreidekalk . . .	15,4	„ „ „ grau.
Luft	14,2.	

Die Temperatur zu verschiedenen Jahreszeiten ist aus Tabelle 69 ersichtlich.

Tabelle 69.

Mittel der Temperatur verschiedener Bodenarten nach den einzelnen Beobachtungsstunden während der Vegetationszeit 1892.

	7 Uhr	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	7 Uhr	Mittel
Verrucano	11,0	15,5	20,3	20,0	17,4	16,8
Bündnerschiefer . .	11,1	15,5	20,4	20,2	17,2	16,8
Flysch	11,2	15,8	19,8	18,4	17,5	16,8
Gneis	10,8	13,5	19,5	18,9	16,7	16,2
Humus	11,6	14,6	17,9	18,2	17,2	15,9
Jura-Kalk	11,3	14,8	18,2	18,3	16,7	15,9
Sand	11,1	15,1	18,1	18,1	16,1	15,7
Ton	11,0	14,4	17,5	18,0	16,3	15,4
Kreide-Kalk	11,2	13,8	17,5	18,1	16,7	15,4
Lufttemperatur . . .	11,0	13,6	15,6	16,0	14,5	14,2
Differenz zwischen höchster und niedrigster Temperatur	0,8	2,3	2,9	2,2	1,3	1,4

Die Temperatur der Luft im Schatten steht also im Durchschnitt erheblich tiefer, als diejenige der verschiedenen Bodenarten.

4. Die Mittagstemperaturen (10 Uhr, 1 Uhr, 4 Uhr) der Bodenarten liegen am weitesten auseinander, wie sie auch von derjenigen der Luft am meisten abweichen.

Noch mehr treten diese Schwankungen hervor, wenn wir z. B. den Monat Juli, in welchem die meisten Bodenarten ihre Maximaltemperatur erreichen, herausgreifen.

Tabelle 70.

Temperatur Juli 1892	7 Uhr	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	7 Uhr
Verrucano	14,7	20,7	26,4	26,3	23,4
Bündnerschiefer	14,6	19,6	25,2	25,6	22,7
Flysch	15,1	21,2	26,1	25,7	23,3
Gneis	14,3	19,3	25,4	24,9	22,5
Humus	15,3	19,2	23,3	23,7	22,8
Jura-Kalk	15,3	19,8	23,4	24,0	22,1
Sand	15,2	20,3	23,6	24,1	22,0
Ton	14,5	19,3	23,0	23,8	21,3
Kreide-Kalk	14,6	16,8	22,2	23,3	21,7
Luft	14,6	17,1	18,8	19,3	18,9
Differenz zwischen höchster und niedrigster Bodentemperatur	1,0	4,4	4,2	3,0	2,1
Die niedrigste Bodentemperatur ist höher (+) oder niedriger (—) als die Lufttemperatur	—0,3	—0,3	+3,4	+4,0	+2,4
Die höchste Bodentemperatur ist höher (+) als die Lufttemperatur	+0,7	+4,1	+7,6	+7,0	+4,5

Hier liegen also die Monatsmittel der Bodentemperaturen um 10 Uhr am weitesten und zwar um 4,4° auseinander. Der Kreidekalk mit dem niedrigsten Monatsmittel steht um 1 Uhr noch um 3,4°, der Verrucano um 7,6° höher als die Luft.

5. Die Temperatur-Maxima und -Minima erfordern eine besondere Betrachtung.

Tabelle 71.

Temperatur-Maxima und -Minima vom 1. April bis 31. Oktober 1892.

	Maximum		Minimum		Schwankung
	Datum und Zeit	°C.	Datum und Zeit	°C	°C.
Verrucano	3/VII 4 Uhr	37,8	20/IV abds. 7 Uhr	0,7	37,1
Bündnerschiefer	11/VII 4 Uhr	35,8	20/IV abds. 7 Uhr	0,6	35,2
Flysch	18/VIII 4 Uhr	36,0	21/IV morg. 7 Uhr	0,9	35,1
Gneis	18/VIII 1 Uhr	35,0	20/IV abds. 7 Uhr	0,8	34,2
Humus	4/VII 1 Uhr	31,4	21/IV morg. 7 Uhr	1,1	30,3
Jura-Kalk	10/VII 4 Uhr	33,2	21/IV morg. 7 Uhr	0,9	32,3
Sand	9/VII 4 Uhr	33,8	21/IV morg. 7 Uhr	0,8	33,0
Ton	3/VII 4 Uhr	31,8	20/IV abds. 7 Uhr	1,0	30,8
Kreide-Kalk	9/VII 4 Uhr	31,6	20/IV abds. 7 Uhr	1,1	30,5
Luft	18/VIII 4 Uhr	32,3	19/IV morg. 7 Uhr	—1,6	33,9

Die Minima der Bodentemperaturen weichen also nicht erheblich von einander ab, sie bewegen sich zwischen den Grenzen von 0,6 und 1,1° C, sie schwanken also um 0,5° C.

Die Maxima dagegen liegen zwischen 31,4 und 37,8°, sie schwanken also um 6,4° C.

Bemerkenswert ist, daß der Humus das höchste Minimum und das niedrigste Maximum, also die kleinste Temperaturschwankung von allen untersuchten Bodenarten aufweist.

6. Vergleicht man die Temperatur der verschiedenen Bodenarten mit der Dauer des Sonnenscheins, so tritt insbesondere bei graphischer Darstellung der Unterschied der Temperaturen sehr deutlich vor Augen. Bei geringer Dauer des Sonnenscheins fallen die Kurven verschiedener Bodenarten fast zusammen. Je länger die Sonne einwirkte, um so weiter treten die Kurven auseinander. Auf Grund dieser Wahrnehmung ist die ganze Beobachtungszeit in Perioden eingeteilt worden, welche nach der Dauer des Sonnenscheins abgegrenzt wurden.

Einige besonders bemerkenswerte Perioden mögen herausgegriffen werden.

Tabelle 72.

Heißeste Periode des Jahres 1892: 12.—19. August.

Minimum des Sonnenscheines am 14. August 11,2 Stunden,
Maximum des Sonnenscheines am 13., 18. und 19. August 12,5 Stunden,
mittlere Sonnenscheindauer 12,1 Stunden pro Tag.

Mittelwerte der Temperaturen	Temperatur der Luft	Temperatur d. obersten Bodenschicht				Differenz zwischen höchster und niedrigster Bodentemperatur	Um folgende Grade höher (+) oder tiefer (—) als die Temperat. der Luft waren die	
		niedrigste		höchste				
		Bodenart	Temp. °C.	Bodenart	Temp. °C.		niedrigsten	höchsten Temperat. d. Bodenarten
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Morgens 7 Uhr	19,3	Gneis	16,0	Humus	18,2	2,2	—3,3	—1,1
Vormitt. 10 Uhr	22,5	Kreidekalk	18,7	Flysch	25,4	6,7	—3,8	+2,9
Nachm. 1 Uhr	26,0	„	24,8	Verrucano	31,5	6,7	—1,2	+5,5
„ 4 Uhr	27,9	„	27,4	„	32,7	5,3	—0,5	+4,8
Abends 7 Uhr	25,5	Sand	24,8	Flysch	28,8	4,0	—0,7	+3,3
der Periode im ganzen	24,3	Kreidekalk	22,7	Flysch	27,0	4,3	—1,6	+2,7

Tabelle 73.

Kalte Periode vom 13.—22. Juli 1892.

Minimum des Sonnenscheines am 20. Juli 0,0 Stunden,
Maximum „ „ „ 16. „ 8,5 „
mittlere Sonnenscheindauer 2,4 Stunden pro Tag.

Mittelwerte der Temperaturen	Temperatur der Luft	Temperatur d. obersten Bodenschicht: niedrigste Bodenart	Temp. °C.	Temperatur d. obersten Bodenschicht: höchste Bodenart	Temp. °C.	Differenz zwischen höchster und niedrigster Bodentemperatur	Um folgende Grade höher (+) oder tiefer (—) als die Temperat. der Luft waren die niedrigsten Temperat. d. Bodenarten	höchsten Temperat. d. Bodenarten
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Morgens 7 Uhr	11,0	Gneis	12,3	Humus	12,9	0,6	+1,3	+1,9
Vormitt. 10 Uhr	12,9	Kreidekalk	13,8	Verrucano	15,2	1,4	+0,9	+2,3
Nachm. 1 Uhr	13,9	„	16,4	„	18,0	1,6	+2,5	+4,1
„ 4 Uhr	13,9	„	16,4	Verrucano u. B'schiefer	17,5	1,1	+2,5	+3,6
Abends 7 Uhr	14,2	„	16,1	Humus	17,1	1,0	+1,9	+2,9
der Periode im ganzen	13,2	„	15,0	Verrucano	16,0	1,0	+1,8	+2,8

Die Temperaturen vom 17. und 18. August 1892 — das Tagesmittel betrug 25,3 und 25,4° — gehören zu den höchsten, welche im 19. Jahrhundert bekannt geworden sind. Die Bodentemperaturen, welche während dieser Zeit beobachtet wurden, dürfen daher als Maximaltemperaturen betrachtet werden.

Die höchste Wärme wurde am 18. August um 4 Uhr beobachtet:

Lufttemperatur 32,3

Verrucano . . .	36,4	Kreidekalk	30,4
Bündnerschiefer	34,4	Ton	31,2
Flysch	36,0	Jurakalk	31,2
Gneis	34,1	Sand	31,4
Humus	30,2		

Daß die Färbung des Bodens keinen entscheidenden Einfluß ausübt, geht aus der Gegenüberstellung der Temperatur und der Farbe des Bodens auf Seite 357 in Ziffer 3 hervor.

Die Unterschiede der Temperatur verschiedener Bodenarten hängen mit der Wärmekapazität, Wärmeleitung und dem Wassergehalt des Bodens, wohl auch mit der Korngröße, dem Steingehalt und der Struktur der Bodenteile zusammen.

7. Kurze Zusammenfassung der Resultate.

1) Im Durchschnitt der Monate April bis Oktober beträgt der Unterschied der Temperatur der verschiedenen Bodenarten bei ebener Lage 1,4%.

2) Im Durchschnitt des Monats Juli erhebt sich die Differenz auf 4,4°.

3) An einzelnen sonnigen Tagen steigt dieselbe um 1 Uhr bis auf 8,3°.

4) An trüben Tagen sinken die Differenzen der Temperatur vielfach unter 1°.

5) Die Temperatur der verschiedenen Bodenarten ist fast immer höher als die Temperatur der Luft im Schatten.

6) Bei feuchtem Boden ist ein Einfluß der Farbe des Bodens auf dessen Erwärmung nicht nachweisbar.

8. Im Versuchsgarten Großholz sind verschiedene Württembergische Bodenarten in Beeten von 4 qm unmittelbar neben einander gelagert. Die Bestimmungen der Bodentemperatur wurden in 5 cm Tiefe 1905 und 1906 ausgeführt (Tabelle 74).

Tabelle 74.

Temperatur verschiedener Bodenarten 1906.

Bodenart	Tages-Mittel °C	Bodentemperatur in 5 cm Tiefe		
		7 Uhr	1 Uhr	6 Uhr
Bunter Mergel der Keuperformation .	11,4	8,1	12,8	13,4
Gneis	10,9	7,7	12,3	12,8
Oberer roter Mergel der Keuperform.	10,9	7,7	12,2	12,7
Toniger Kalk aus weißem Jura Zeta .	10,8	7,1	12,7	12,5
Muschelkalk	10,7	6,8	12,5	12,7
Ton der Liasformation	10,4	7,2	12,0	12,1
Granit	10,4	6,9	11,9	12,3
(Oberer) Stubensand der Keuperform.	10,3	7,0	12,0	11,8
Lehm der Liasformation.	10,0	6,9	11,9	11,3
Gletscherschutt	10,0	7,0	11,5	11,5
Rotliegendes	9,7	6,0	11,7	11,4
Buntsand	9,2	6,2	11,0	10,3

Die bunten Mergel sind die wärmste Bodenart mit 11,4° Jahrestemperatur; die kälteste Bodenart ist der Buntsand mit 9,2°. Der Unterschied beträgt im Jahresmittel 2,2° (bei schweizerischen Bodenarten 1,4°).

Die Temperatur steigt in den einzelnen Bodenarten von 7 Uhr bis 1 Uhr in ganz verschiedenem Grade und ebenso ist die Temperaturbewegung von 1—6 Uhr je nach der Bodenart verschieden. Die Erwärmung morgens beträgt 4,5—5,7°; die Abkühlung abends 0—0,6°. Bei einzelnen Bodenarten steigt die Temperatur sogar von 1 Uhr bis abends 6 Uhr um 0,1—0,5°.

9. Ebermayer[1]) gibt als Ergebnis seiner Beobachtungen in München folgende Zahlen an:

Bodenart	Jahrestemperatur, Durchschnitt von der Oberfläche bis 90 cm	Gegenüber der Lufttemperatur
Feinkörniger roter Quarzsand .	9,33	+ 1,89
Grobkörniger grauer Quarzsand.	9,36	+ 1,93
Kalksand	9,09	+ 1,71
Lehm	8,82	+ 1,44
Moorerde	9,40	+ 1,97
Differenz.	0,58	0,53

10. Noch einige weitere Untersuchungen von allgemeinerem Interesse über Rohhumus und Ortstein mögen angefügt werden.

Aus der Gegend von Freudenstadt im Schwarzwald stammender Boden wurde im Versuchsgarten vom 15. April bis 30. September 1912 hinsichtlich der Wärmeverhältnisse untersucht.

Tabelle 75.

Temperatur von Ortstein und Rohhumus

Bodenart	Temperatur in 5 cm Tiefe ° C
Bleichsand des Buntsandes	16,2
Orterde ,, ,, ...	17,1
Ortstein ,, ,, ...	16,3
Unterer normaler Boden des Buntsandes . .	16,1
Wellenkalk aus Muschelkalk; obere Schichte .	15,7
Wellenkalk, untere Schichte	15,4
Rohhumus, locker	15,6
Rohhumus, verfilzt	15,6
Rohhumus aus der nächsten Umgebung:	
Fichte	15,3
Tanne	15,5
Föhre	15,8
Buche	15,2

Die Temperatur des im Garten frei liegenden Rohhumus (und auch des Wellenkalkes) ist 1—2° niedriger, als die Temperatur des frei liegenden Bodens.

11. Die Temperatur der Bodendecke von Laub und Nadeln, die in der Umgebung gesammelt und im Versuchsgarten hügelförmig aufgeschüttet wurde, war Gegenstand einer besonderen Untersuchung in den Jahren 1907 und 1908. Veranlassung gab das „Brennen" der

[1]) Unters. über das Verhalten versch. Bodenarten gegen Wärme. Wollny, Forschungen. 14, 195.

Fichtennadeln, wenn diese als Bedeckung des Bodens verwendet werden. Saaten, die im Versuchsgarten in Nadeln und Laub ausgeführt wurden, ergaben ganz verschiedene Resultate hinsichtlich der Keimung der Samen und Entwickelung der Keimpflanzen. Nadeln und Laub liegen vielfach auf dem Boden und werden nach Entfernung des alten Holzes, auf Lücken, am Bestandesrand der Sonne ausgesetzt. Um die Temperatur von Laub und Nadeln zu bestimmen, wenn diese im Bestandesschatten liegen, wurden Beobachtungen im 100 jährigen Buchenbestande ausgeführt. Zunächst folgen die Zusammenstellungen der Ergebnisse. Die Thermometer waren in dem aufgeschütteten Hügel je 10 cm tief eingesenkt.

Tabelle 76.

Jahrestemperatur von Laub und Nadeln 1908.

	6 Uhr	1 Uhr	7 Uhr
1. Im Garten; frei.			
In Fichtennadeln	10,3	9,4	7,8
„ Tannennadeln	9,9	9,1	7,7
„ Föhrennadeln	8,6	8,2	7,2
„ Buchenlaub (nur März—Dez. 1908)	12,7	13,2	8,6
„ Eichenlaub (nur März—Dez. 1908)	11,8	13,0	9,6
2. Unter 100 jährigen Buchen. März bis Dezember 1908.			
In Fichtennadeln	8,8	10,0	11,5
„ Tannennadeln	8,6	9,9	11,4
„ Föhrennadeln	8,8	9,9	10,8
„ Buchenlaub	7,2	8,7	9,8
„ Eichenlaub	8,2	10,5	10,8

Bei freier Lage erwärmen sich die Fichtennadeln am meisten, die Föhrennadeln am wenigsten; die Unterschiede betragen 0,6—1,7°. Im Schatten des Buchenwaldes sind die Unterschiede abgeschwächt auf 0,2°.

Wird die oberste Bodenschichte mit den Nadeln vermengt und diese Mischung ebenfalls hügelförmig aufgeschüttet, so ergeben sich verschiedene Änderungen der Temperatur; die stärkere Erwärmung der Fichtennadeln tritt aber auch in diesem Falle deutlich hervor. Morgens 7 Uhr sind Laub und Nadeln wärmer, als die mit ihnen vermengte Bodenschicht; bei Tannen und Föhren ist der Unterschied unbedeutend (0,2°), Fichtennadeln und Laub sind dagegen 2° wärmer, als der mit ihnen vermengte Boden. Um 1 Uhr und um 6 Uhr ist im Jahresdurchschnitt der mit Fichtennadeln oder Laub vermengte Boden kälter, der mit Tannen- und Föhrennadeln dagegen vermengte Boden wärmer als Laub und Nadeln. Im Mai—August sind Nadeln und Laub kälter, als der mit ihnen ver-

mengte Boden. Samen, der in Tannen- und Föhrennadeln fällt, erhält eine um 1—2° niedrigere Temperatur, als in Laub oder in Fichtennadeln, was je nach den allgemeinen klimatischen Verhältnissen auf die Keimung von Einfluß sein kann.

§ 99. Die Temperatur des trockenen und nassen Bodens.

1. Die erste Reihe der Beobachtungen[1] der Bodentemperatur wurde an Boden ausgeführt, der in Blechgefäße eingefüllt war; der eine Teil der 10 cm hohen Gefäße wurde stets naß erhalten.

Die späteren Beobachtungen geschahen an Thermometern, welche in die Gartenbeete eingesenkt wurden. Die Umgebung des einen Thermometers wurde stets naß erhalten. Da die Beete oben offen waren, so war es unausbleiblich, daß das Thermometer im trockenen Boden nicht immer die Temperatur des trockenen Bodens, sondern nach einem Regen vorübergehend die Temperatur von feuchtem oder nassem Boden zeigte. Dies entspricht aber durchaus den natürlichen Verhältnissen. Genauer ausgedrückt bezieht sich also die Beobachtung auf die Temperatur des Bodens, welcher ununterbrochen naß ist (nasse Stellen, Sümpfe) und Bodens, welcher teils naß, teils trocken ist (der am meisten vorkommende Fall im Betriebe).

Die Unterschiede in der Temperatur des trockenen und nassen Bodens sind deshalb etwas verwischt und im Durchschnitt geringer, als sie sich für längere Trockenperioden und heiße Tage berechnen.

Die Thermometer waren je 5 cm tief eingesenkt, so daß die Temperatur der obersten Bodenschichte zum Ausdruck kommt.

Zu Lehm und Sand ist der Tonboden hinzugekommen.

2. Berechnet man die Unterschiede im Durchschnitt der Beobachtungszeit, so ergibt sich folgende Übersicht:

Die Temperatur des nassen Bodens beträgt gegenüber der Temperatur des trockenen ° C:

	7 Uhr	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	6 Uhr
			1. in den Blechgefäßen		
Lehm	— 0,4	— 2,4	— 3,8	— 3,7	— 3,3
Sand	+ 0,5	— 0,5	— 0,8	— 0,9	— 0,7
			2. in den freien Beeten		
Lehm	0,0	+ 0,5	— 0,2	— 0,6	— 0,8
Sand	— 0,6	— 0,7	— 0,2	0,0	— 0,4
Ton	— 0,4	— 0,6	— 1,2	— 1,3	— 1,2

Der stets nasse Boden ist also 1—2° kälter als der trockene und nur vorübergehend nasse Boden; an einzelnen Tagen steigen die Unterschiede auf 4—6° C.

[1]) Mitt. d. Württ. V.-A. 1, 35.

3. An einigen weiteren Bodenarten wurden Beobachtungen am 27., 29., 30. Mai 1911 angestellt.

Tabelle 77.
Temperatur trockenen und nassen Bodens.

	Mittel trocken	Mittel nass	Der nasse Boden ist kälter						
			im Mittel	8 Uhr	10 Uhr	12 Uhr	2 Uhr	4 Uhr	6 Uhr
Granit	24,0	22,8	1,2	0,2	0,5	1,0	1,4	1,8	2,2
Gneis	24,6	22,5	2,1	1,6	1,0	0,9	2,2	3,0	3,8
Rotliegendes .	23,6	21,7	1,9	0,1	0,0	1,2	2,6	3,7	3,3
Buntsand . .	22,6	20,5	2,1	0,7	0,6	1,9	3,0	3,5	3,0
Muschelkalk .	22,1	20,6	1,5	0,5	0,1	0,7	1,9	2,9	2,8
Differenz. .	2,5	2,3	0,9	1,5	1,0	1,2	1,6	1,9	1,6

Nachmittags sind wegen der höheren Temperatur und der dadurch gesteigerten Verdunstung die Unterschiede größer, als am Vormittag. Die Erniedrigung der Temperatur ist bei gleichen äußeren Verhältnissen für die einzelnen Bodenarten verschieden. Granit hat im Durchschnitt eine um 1,2°, dagegen Gneis eine um 2,1° niedrigere Temperatur; um 4 Uhr beträgt der Unterschied bei Granit 1,8°, bei Rotliegendem 3,7°.

4. Der nasse Boden ist im Durchschnitt 1—2°, zu einzelnen Tageszeiten 3—4° kälter, als der trockene. Dieser Unterschied ist sehr bedeutend und der „naßkalte" Boden mit Recht gefürchtet.

Im praktischen Betriebe muß eine Erwärmung angestrebt werden, die nur durch die Sonne möglich ist. Dieser muß daher am Ost- und Südrande der Bestände oder durch Lichtung im Innern derselben (Löcherhiebe) Zutritt gewährt werden.

§ 100. Einfluß der Exposition und der Neigung gegen den Horizont auf die Temperatur des Bodens.

1. Der Einfluß der Exposition und Neigung auf die Bodentemperatur ist bereits in § 71 und 75 besprochen worden.

Es sollen daher nur die Temperaturverhältnisse des berasten Bodens und der 8 Expositionen noch kurz betrachtet werden.

2. Durch den Rasen wird die Temperatur der obersten Bodenschicht erniedrigt.[1]) Im Mittel ist die Temperatur unter dem Rasen 1—3° niedriger als auf dem kahlen Boden. Um 1 Uhr beträgt am Südhang die Differenz bis zu 7°.

Die Schwankungen der Temperatur unter dem Rasen sind geringer als diejenigen des kahlen Bodens. Unter dem Rasen betragen sie im Mittel nur noch 2—3°, im Maximum 4°.

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 4, 297.

Tabelle 78.

Reihenfolge der Expositionen nach der durchschnittlichen Temperatur des Bodens. Berast 3—5 cm tief.

Versuchsgarten Adlisberg. Vom 1. April bis 31. Oktober 1893.

7 Uhr morgens	10 Uhr	1 Uhr	4 Uhr	7 Uhr abends	Mittel
13,0 Eben	15,7 Ost 20°	18,3 Süd 40°	18,1 Süd 40°	16,9 Süd 40°	16,2 Süd 40°
12,7 Ost 20°	15,5 Ost 40°	17,4 Süd 20°	17,9 West 40°	16,7 West 40°	15,6 Eben
12,7 Ost 40°	15,0 Süd 40°	16,8 Eben	17,6 West 20°	16,3 Eben	15,4 Süd 20
12,7 Süd 40°	14,7 Süd 20°	16,7 Ost 20°	17,2 Eben	16,0 West 20°	15,3 Ost 20°
12,3 Süd 20°	14,5 Eben	16,7 West 20°	16,9 Süd 20°	15,8 Süd 20°	15,2 West 40°
12,1 West 40°	13,2 Nord 20°	16,5 West 40°	16,1 Ost 20°	15,2 Ost 20°	15,1 West 20°
11,8 West 20°	13,1 West 20°	15,9 Ost 40°	16,0 Nord 20°	15,0 Nord 20°	14,8 Ost 40°
11,6 Nord 40°	13,1 West 40°	15,7 Nord 20°	15,2 Ost 40°	14,6 Ost 40°	14,3 Nord 20°
11,5 Nord 20°	12,7 Nord 40°	14,2 Nord 40°	14,9 Nord 40°	14,5 Nord 40°	13,6 Nord 40°
Differenz 1,5	3,0	4,1	3,2	2,4	2,6

3. An kleinen Hügeln stellte vom April bis Oktober 1877 Wollny[1]) Untersuchungen über den Einfluß der Exposition auf die Erwärmung des Bodens an. Im Durchschnitt berechnen sich nachstehende Temperaturen:

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
13,32	13,56	13,99	14,42	14,46	14,42	13,98	13,64 °

Gegenüber dem Mittel aus S, SW und SO (= 14,43) bleiben zurück die Temperaturen von O um 0,44, W 0,45, NO 0,87, NW 0,79, N 1,11 °. Die Expositionen sind durch Aufschüttung eines Erdkegels von 2,3 m Durchmesser mit 15 ° Neigung hergestellt worden.

Wollny[2]) verglich ferner die Temperatur der Ebene mit derjenigen von Dämmen, die von O nach W und von N nach S liefen, also nach N, S, O, W geneigt waren.

Das Mittel sämtlicher Beobachtungen stellte sich auf:

Ebene	N	S	O	W
19,71	19,15	19,74	19,36	19,42 °

Der Unterschied zwischen der Nord- und Südseite beträgt 0,6 °, zwischen der Ost- und Westseite nur 0,06 °. Die Ebene erwärmt sich fast so stark, als die Südseite, was praktisch zu beachten ist.

4. Kerner hatte bei Beobachtungen an einem größeren Hügel gefunden, daß vom November bis April die SW-, vom Mai bis August die SO-, im September, Oktober die S-Seite am wärmsten ist.[3])

[1]) Forschungen, 1, 263.

[2]) Forschungen, 1, 278.

[3]) Meteorol. Ztschr. 7, 65. Wollny, Forschungen. 1, 263.

Ein ähnliches Resultat ergaben Beobachtungen im Versuchsgarten Großholz. Es betrug die Temperatur am Lehmhügel 28.—31. Juli 1913:

	Ostseite			Südostseite			Südseite		
	8 Uhr	1 Uhr	6 Uhr	8 Uhr	1 Uhr	6 Uhr	8 Uhr	1 Uhr	6 Uhr
	15,9	23,6	20,4	15,2	28,3	22,5	14,4	25,8	25,8
Durchschnitt	20,0			22,0			22,0		

§ 101. Der Einfluß der Meereshöhe auf die Bodentemperatur.

1. Den Einfluß der Meereshöhe auf die Bodentemperatur hat Ebermayer[1]) untersucht. Im Durchschnitt von 5—10 jährigen Beobachtungen betragen die Mitteltemperaturen:

Orte	Winter		Frühjahr		Sommer		Herbst	
	in der Oberfläche	in 90 cm	in der Oberfläche	in 90 cm	in der Oberfläche	in 90 cm	in der Oberfläche	in 90 cm
Aschaffenburg 136 m	2,02	5,05	10,17	8,20	19,19	16,13	10,09	12,58
München 529 m . .	—0,13	2,92	8,72	6,75	18,10	16,02	7,47	11,24
Hirschhorn 777 m. .	—1,79	1,80	5,58	3,59	13,69	12,36	5,16	8,18
Falleck (Alpen) 1136 m	—2,03	2,32	5,03	3,53	13,16	11,34	6,49	8,77
Der Unterschied beträgt ° C	4,05	2,73	5,14	4,67	6,03	4,79	3,60	3,81

2. Die Beobachtungen an schweizerischen Stationen, die von der Versuchsanstalt errichtet wurden, ergeben folgende Zahlen[2]):

Bodentemperatur, Jahresdurchschnitt 1895.

	5 cm	30 cm	60 cm	120 cm
Buus 450 m	10,3	8,0	8,5	8,6
Haidenhaus 695 m	9,3	8,5	9,0	9,0
Rigi Scheidegg 1665 m	5,5	4,7	5,1	5,2
Sils-Maria (Engadin) 1810 m . . .	4,4	4,1	4,0	3,1

3. Die Bodentemperatur fällt im allgemeinen langsamer mit der Meereshöhe, als die Lufttemperatur, wie die Vergleichung von Buus und Sils-Maria zeigt.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Jahr
Die Temperatur der Luft ist in Sils-Maria niedriger als in Buus:													
	7,0	7,4	7,8	7,7	6,9	6,7	6,2	6,0	6,3	6,1	6,3	6,7	6,7
Die Bodentemperatur in Sils-Maria ist niedriger als in Buus ° C.:													
5 cm	6,2	2,7	3,7	11,2	9,3	9,9	7,0	6,6	3,7	1.3	5,0	4,6	5.9
30 ,,	5,3	1,4	1,6	6,9	6,7	5,2	4,0	3,4	2,5	2,6	4.3	3,7	3.9
60 ,,	4,4	2,6	1,7	6,5	9,2	6,2	5,0	4,0	3,1	3,4	4,8	3,7	4,5
120 ,,	3,2	3,2	3,4	6,2	10,0	8,5	7,0	5,9	5,5	5.4	4,9	4,2	5,5

Die Unterschiede der Bodentemperatur sind erheblich geringer (nur 3,9—5,9), als die der Lufttemperatur (6,7). Da die Wälder im Hoch-

[1]) Wollny, Forschungen 14, 220.

[2]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 5, 183.

gebirge nicht geschlossen sind, wachsen die Wurzeln in verhältnismäßig warmen Bodenschichten. Die Unterschiede in den einzelnen Monaten rühren hauptsächlich von der Schneedecke her, die in Sils-Maria in der Regel erst Ende Juni schmilzt.

Diese Verhältnisse verdienen ein genaueres Studium auf Grund von weiteren Beobachtungen, die in verschiedenen Höhenlagen anzustellen wären[1]).

§ 102. Der Einfluß der Beschattung auf die Bodentemperatur.

1. Die Temperatur des Bodens in freier Lage entspricht derjenigen auf Äckern, Wiesen, Weiden, auf kahlen Flächen, sowie in Lücken innerhalb des Waldes. Für wissenschaftliche und praktische Zwecke muß aber die Bodentemperatur unter den jungen Pflanzen, unter Gras, unter Moos und Nadeln, endlich unter dem geschlossenen Kronendache festgestellt werden. Die Veränderung der Lufttemperatur durch den Bestandesschluß ist oben (§ 45) bereits besprochen worden. Aus den weiterhin anzuführenden Untersuchungen wird hervorgehen, daß der Einfluß des Bestandesschattens auf die Bodentemperatur größer ist, als auf die Lufttemperatur. Dieser Unterschied wird im allgemeinen viel zu wenig beachtet.

Durch Graswuchs und durch das Eintreten des Schlusses wird in natürlichen Verjüngungen, Saaten und Pflanzungen die Temperatur des Bodens herabgesetzt. Wie der Schluß älterer und höherer Bestände auf die Bodentemperatur einwirkt, soll im folgenden dargelegt werden.

2. Die Schweizerischen Stationen Adlisberg und Haidenhaus liefern vergleichbare Zahlen. Besonders hervorzuheben ist, daß bei letzterer Station ein größerer Buchenwald, wie ein größerer Fichtenwald unmittelbar neben der Freilandstation gelegen ist[2]).

Bei einer Vergleichung der Bodentemperatur im Freien und im Walde ergibt sich, daß die Temperatur 1893 im Walde niedriger ist (—) und zwar

Haidenhaus:	5 cm	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm
im Buchenbestande . .	— 2,2	— 1,8	— 2,0	— 2,0	— 1,9
im Fichtenbestande . .	— 2,7	— 2,0	— 2,4	— 2,4	— 2,4

Der Buchenbestand erniedrigt die Bodentemperatur um 1,8—2,2⁰, der Fichtenbestand um 2,0—2,7⁰; ähnliche Unterschiede zeigt auch die Station Adlisberg.

3. Die deutschen Stationen ergeben eine im ganzen (um 1⁰) geringere Herabsetzung der Temperatur[3]). Es hängt dies wohl mit der

[1]) Kerner von Marilaun. Pflanzenleben [2] I, 510 gibt für die Boden- und Lufttemperatur in verschiedenen Meereshöhen die Unterschiede an. Die Bodentemperatur ist höher in 1000 m 1,5⁰; in 1300 m 1,7; in 1600 m 2,4; in 1900 m 3,0; in 2200 m 3,6⁰.

[2]) Mitt. der Schweiz V.-A. 1, 191 ff.

[3]) Nach einer Zusammenstellung aus den Jahresberichten.

Aufstellung der Thermometer zusammen. In Haidenhaus und Adlisberg sind die am dichtesten geschlossenen Stellen des Bestandes ausgewählt worden.

Tabelle 79.

Die Bodentemperatur an 17 deutschen forstlich-meteorologischen Stationen. Durchschnitt aus 12—19jährigen Beobachtungen.

Station	Holzart	Die Bodentemperatur im Walde ist im Jahresdurchschnitt kälter (—) oder wärmer (+) als im Freien °C.					
		an der Oberfläche	in der Tiefe von m 0,15	0,30	0,60	0,90	1,20
Neumath	45 j. Buchen	— 2,1	— 1,4	— 1,0	— 1,4	— 1,1	— 1,2
Melkerei	60 j. „	— 2,3	— 1,2	— 1,4	— 1,4	— 1,4	— 1,5
Mariental	60 j. „	— 1,3	— 1,2	— 1,1	— 1,1	— 1,1	— 1,1
Friedrichsrode . .	65 j. „	— 1,4	— 1,0	— 0,5	— 0,8	— 0,8	— 1,1
Hadersleben . .	70 j. „	— 0,7	— 0,5	— 0,2	— 0,5	— 0,6	— 0,6
Lahnhof	80 j. „	— 1,2	— 0,8	— 0,9	— 0,9	— 1,2	— 1,2
Hollerath	45 j. Fichten	— 0,7	— 1,4	— 1,4	— 1,5	— 1,3	— 1,3
Sonnenberg . . .	45 j. „	— 2,0	— 1,8	— 1,2	— 1,2	— 1,3	— 1,3
Fritzen	45 j. „	— 1,2	— 0,9	— 1,3	— 1,4	— 1,2	— 1,2
Carlsberg	45 j. „	— 1,6	— 1,1	— 1,2	— 1,5	— 1,7	— 1,5
St. Johann . . .	50 j. „	— 1,4	— 1,3	— 1,1	— 1,6	— 1,8	— 1,8
Schmiedefeld . .	60 j. „	— 1,8	— 1,2	— 0,9	— 0,9	— 0,9	— 0,8
Schoo	20 j. Föhren	— 0,7	— 0,4	— 0,7	— 1,3	— 0,7	— 0,7
Eberswalde . . .	45 j. „	— 1,4	— 1,0	— 0,6	— 0,7	— 0,7	— 0,6
Hagenau	55 j. „	— 1,7	— 1,0	— 0,8	— 1,2	— 1,3	— 1,2
Kurwien	80 j. „	— 1,5	— 0,9	— 0,8	— 1,0	— 1,0	— 1,0

4. Die 18 jährigen Beobachtungen im Kanton Bern hat Zschokke bearbeitet[1]). Er fand, daß im Walde die Bodentemperatur niedriger war, als im Freiland um °C:

	Oberfläche	0,3 m	0,6 m	0,9 m	1,2 m tief
Bern, Fichten, 4 Uhr . . .	2,66	2,63	2,63	2,79	2,57
Interlaken, Lärchen, 4 Uhr	2,79	1,40	0,96	0,85	1,14
Pruntrut, Buchen, 4 Uhr .	1,50	1,47	1,30	1,57	1,62

Die Unterschiede 9 Uhr abends sind fast genau ebenso groß.

5. Ebermayer[2]) berechnet den Unterschied zwischen dem Freilande und dem Walde auf 2,0—2,5°. Diese Werte stimmen mit denjenigen der Schweizerischen Stationen sehr nahe überein. Es wird also eine Erniedrigung der Bodentemperatur durch den Bestandesschatten um 2—2,5° allgemein angenommen werden dürfen.

6. Die Bewegung der Temperatur während des Jahres ist im Freien und im Walde vollständig gleich. Je im Juli und August finden sich die

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 1, 177 ff.

[2]) Phys. Wirkungen des Waldes. Seite 37.

höchsten, im Dezember und Januar die tiefsten Temperaturen. Im November bis Februar ist der Waldboden etwas wärmer, als der Freilandboden, in den Sommermonaten dagegen bedeutend kälter.

Haidenhaus 1893	Die Temperatur im Walde ist niedriger (—) 5 cm	30 cm	5 cm	30 cm
	Laubholz		Nadelholz	
März	— 1,9	— 2,0	— 3,1	— 2,4
April	— 3,0	— 3,5	— 4,2	— 4,0
Mai	— 5,4	— 3,9	— 5,6	— 4,4
Juni.	— 5,4	— 4,4	— 5,6	— 4,8
Juli	— 4,5	— 4,0	— 5,3	— 4,8
August	— 4,4	— 3,6	— 4,1	— 3,7
September	— 3,2	— 2,5	— 3,1	— 2,6
Oktober	— 0,7	— 0,1	— 0,8	— 0,5

Die Berner Beobachtungen und diejenigen der deutschen Stationen ergeben Unterschiede von 5—6°, diejenigen Ebermayers 4°.

An einzelnen Tagen des Juli 1894 war der Waldboden bei der Station Haidenhaus im Laubholz um 9, im Nadelholz um 10° kälter, als im Freiland.

Eine Erniedrigung der Temperatur in den Sommermonaten um 4—6° darf wiederum als allgemein giltig angenommen werden.

7. Durch 20jährige Fichten wird die Bodentemperatur stärker herabgesetzt, als durch ältere Bestände. Junge (5 jährige) Tannen und Buchen setzen sie um 3—4°, ältere Bestände um 4—6° herab. Unter 20 jährigen Fichten ist sie im Monatsmittel bis um 7,4° niedriger, wie die nachfolgende Übersicht zeigt.

Bodentemperatur unter 20 jährigen geschlossenen Fichten.
Staatswald Großholz in der Nähe des Versuchsgartens.
April bis September 1910. 4 cm tief.

	8 Uhr	1 Uhr	6 Uhr
Im Durchschnitt . . .	11,1	12,3	12,7
	Gegenüber der Temperatur im Garten frei		
Im Mittel	— 0,4	— 5,2	— 4,9
April	+ 0,1	— 3,6	— 4,3
Mai	— 1,0	— 6,7	— 6,6
Juni.	— 1,5	— 7,4	— 6,4
Juli	— 0,4	— 5,8	— 5,3
August	— 0,1	— 4,8	— 4,2
September	+ 0,9	— 2,7	— 2,1

8. Im Versuchsgarten Großholz wurden Lärchen von 2 m Höhe mit verschiedenen Holzarten unterbaut. Das geringste Wachstum zeigen die mit Fichten unterbauten Lärchen. Zunächst wurde die Temperatur des Bodens untersucht.

	Bodentemperatur unter unterbauten Lärchen vom Mai bis Oktober 1908.			
	7 Uhr	1 Uhr	6 Uhr	Mittel
Unter 6 j. Fichten	12,2	13,4	14,2	13,3
„ 6 j. Tannen	12,3	13,7	14,8	13,6
„ 4 j. Föhren	12,9	14,0	15,0	13,9
„ 6 j. Buchen	12,1	14,1	15,4	13,9
	Gegenüber der Temperatur unter Fichten			
unter Tannen	+ 0,1	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,3
„ Föhren	+ 0,7	+ 0,6	+ 0,8	+ 0,6
„ Buchen	— 0,1	+ 0,7	+ 1,2	+ 0,6

Durch die Fichtenunterpflanzung wird die Temperatur am meisten herabgesetzt; am wärmsten bleibt der Boden unter Buchen. Wie weit das gute Gedeihen der Lärchen im Buchenbestande mit der Temperatur zusammenhängt, wäre durch weitere Untersuchungen noch nachzuweisen.

Durch Unterbauen älterer Bestände mit verschiedenen Holzarten wird stets eine Änderung der Bodentemperatur hervorgerufen.

9. Wie die Beschattung des Bodens durch Laub, Moos oder Fichtennadeln auf die Bodentemperatur einwirkt, wurde im Versuchsgarten Großholz untersucht. Das beschattende Material war aufgelegt; das Moos leblos.

	Temperatur des Lehmbodens. Jahresmittel 1907—1908. 5 cm tief.			
	Frei	unter Laub	unter Moos	unter Fichtennadeln
8 Uhr	6,8	8,0	7,9	7,3
1 Uhr	11,6	9,2	9,8	9,8
6 Uhr	11,4	9,7	10,3	10,0
	Gegenüber der Temperatur im freien Boden			
8 Uhr		+ 1,2	+ 1,1	+ 0,5
1 Uhr		— 2,4	— 1,8	— 1,8
6 Uhr		— 1,7	— 1,1	— 1,4

Eine Decke von Laub, Nadeln oder Moos vermindert die nächtliche Ausstrahlung. Bei Tage aber, insbesondere zur Zeit des Temperatur-Maximums, ist der Boden unter der Decke um 1—2°, im Juli um 3° kälter, als der unbedeckte.

Dieselben Beobachtungen wurden unter dem geschlossenen Kronendach 100 jähriger Buchen ausgeführt.

Temperatur des Lehmbodens unter dem geschlossenen Buchenbestande.

Jahresmittel 1907—1908. 5 cm tief.

	Frei	unter Laub	unter Moos	unter Fichtennadeln
8 Uhr	7,2	7,4	7,5	6,5
1 Uhr	8,9	8,0	7,8	8,7
6 Uhr	9,1	8,6	8,0	8,9
Gegenüber der Temperatur im freien Boden				
8 Uhr		+ 0,2	+ 0,3	— 0,7
1 Uhr		— 0,9	— 1,1	— 0,2
6 Uhr		— 0,5	— 1,1	— 0,2

Unter dem geschlossenen Kronendach ist die Wirkung der Bodendecke abgeschwächt; immerhin sind noch Unterschiede von 1°, im Juli und August von 2° vorhanden.

10. Die Erwärmung des Bodens rings um eine Cypressenpflanzung von 8 m Seitenlänge und ca. 5 m Höhe weist die folgende Übersicht nach.

Bodentemperatur im Versuchsgarten Großholz rings um ein Viereck einer Cypressenpflanzung.

März bis September 1911.

Auf der Außenseite des Vierecks	8 Uhr	1 Uhr	6 Uhr	Mittel
Nordseite der Pflanzen	9,7	12,2	13,5	11,8
Ostseite „ „	10,4	17,7	15,4	14,5
Südseite „ „	10,0	16,8	16,7	14,5
Westseite „ „	10,4	16,3	18,0	14,9
Streifen zwischen 2 Reihen von Nord nach Süd, nach N u. S offen; von O u. W beschattet	9,7	16,0	16,8	14,2

Die Nordseite des Vierecks zeigt die niedrigsten Temperaturen. Der Unterschied der Nordseite und der übrigen Seiten beträgt 2,5—3°; um 1 Uhr bis 5,5°. Im Juli und August steigt er um 1 Uhr auf 6—9°.

11. Die Wirkung der Beschattung durch Cypressenreihen auf die Bodentemperatur war Gegenstand eines weiteren Studiums. Die Reihen sind 9 m lang, 5 m hoch und teils von N nach S, teils von O nach W gepflanzt. Die Thermometer wurden auf den vier Seiten in der Weise eingestellt, daß sie 0,5, 1,0, 1,5 m von der Cypressenreihe entfernt waren. Die Abstufung im Wachstum legte diese Entfernungen nahe; es ist an der Reihe durchweg am geringsten und nimmt mit der Entfernung von der Reihe sehr bedeutend zu.

In den Zahlen kommt die Wirkung der Seitenbeschattung zum Ausdruck, wie sie an den Schlagrändern, Anhiebsstellen, bei schmalen Schlägen, Kulissenhieben, Löcherhieben eintritt. Im vorliegenden Falle ist zu betonen, daß die Beobachtungen im Garten an Beeten ge-

macht werden, die ringsum vollständig frei sind. Wie sich die Temperatur bei schmalen Schlägen im Walde verhält, zeigt eine besondere Untersuchung.

Tabelle 80.

Bodentemperatur an einer Pflanzenreihe von Cypressen. Mai bis September 1910.

	Von der Reihe entfernt 0,5 m	1,0 m	1,5 m	Durchschnitt
8 Uhr				
Nordseite	12,2	13,4	13,6	13,1
Ostseite	12,8	13,4	13,3	13,2
Südseite	13,3	13,7	12,5[1])	13,2
Westseite	12,6	13,1	13,2	13,0
1 Uhr				
Nordseite	14,7	17,9	18,6	17,1
Ostseite	18,1	19,3	19,3	18,9
Südseite	19,4	20,0	17,9[1])	19,1
Westseite	17,4	18,7	19,8	18,6
6 Uhr				
Nordseite	15,5	18,3	19,1	17,6
Ostseite	17,5	18,2	18,6	18,1
Südseite	18,4	19,0	20,4[1])	19,3
Westseite	19,4	19,7	17,8	19,0
Mittel aus 8 Uhr, 1 Uhr, 6 Uhr.				
Nordseite	14,1	16,5	17,1	15,9
Ostseite	16,1	17,0	17,1	16,7
Südseite	17,4	17,8	16,1[1])	17,1
Westseite	16,1	16,9	17,8	16,9
Gegenüber der Temperatur in 0,5 m von der Reihe.				
Nordseite		+ 2,4	+ 3,0	
Ostseite		+ 0,9	+ 1,0	
Südseite		+ 0,4	+ [1])	
Westseite		+ 0,8	+ 1,7	

Unmittelbar an der Reihe ist die Temperatur auf allen Seiten am niedrigsten. Die Nordseite erleidet die meiste Herabsetzung (2,4°); auf der Ost- und Westseite ist sie geringer (0,9 und 0,8°), auf der Südseite am geringsten (0,4°).

Hervorzuheben ist, daß auf die unbedeutende Entfernung von 1 m Unterschiede in der Bodentemperatur im offenen Lande von 2—3° vorkommen.

Die Nordseite ist am kältesten, die Südseite am wärmsten, Ost- und Westseite stehen in der Mitte.

[1]) Die Temperatur auf der Südseite, 1,5 m von der Reihe, ist etwas zu tief; vielleicht ist die Stelle der Beobachtung etwas feuchter, als die Umgebung.

Morgens 8 Uhr sind alle Seiten fast gleich warm; bis 1 Uhr steigt die Temperatur auf der Nordseite um 4°, auf den anderen Seiten um 6°. Gegen Abend kühlt sich die Ostseite um 0,8° ab, während die übrigen Seiten noch etwas höhere Temperaturen, als um 1 Uhr haben.

12. Im 90 jährigen Buchenbestande wurde eine von O nach W verlaufende, 25 m lange und 17 m breite Lücke gehauen, die nach O an einen Weg und weiterhin an eine junge Pflanzung grenzte. Die Sonne hatte also von O Zutritt; dagegen war nach S, W und N der alte Bestand vorhanden, so daß nachmittags Beschattung stattfand. Das Wachstum war, was allgemein der Fall ist, in der Mitte der Lücke am besten.

Die Thermometer waren so aufgestellt, daß die Temperatur an 5 Stellen der Lücke gemessen werden konnte; später wurden unter dem alten Bestande und zugleich unter jungen Buchen noch Thermometer eingesetzt.

Tabelle 81.

Bodentemperatur in einer 25 m langen und 17 m breiten Lücke, die nach Osten offen ist, im 90 jährigen Buchenbestand.
Juni bis August 1909. 5 cm tief.

	9 Uhr	2 Uhr	5 Uhr	Mittel	August 2 Uhr
1. Nordseite der Lücke; unter den Buchen mit einfallendem Südlicht	12,1	14,6	14,9	13,9	18,8
2. Nordseite; 2 m von den Ästen entfernt; oben offen; mit Südlicht	12,8	18,8	18,0	16,5	22,3
3. Mitte der Lücke; volles Licht	13,7	18,5	17,8	16,7	18,3
4. Südseite; 2 m von den Ästen entfernt; oben offen; Nordlicht	12,4	14,5	14,6	13,8	16,2
5. Südseite unter den Buchen; mit Nordlicht	12,2	13,7	14,1	13,3	15,9
6. Nordseite; unter Unterholz; Südlicht					14,5
7. Südseite; unter Unterholz; Nordlicht					14,6

An 26 Tagen des August wurden außerdem Thermometer unter dem alten Buchenbestand und unter dem unter den alten Buchen befindlichen Unterholz angebracht, um den Einfluß auch des letzteren nachweisen zu können. Die Ablesungen fanden nur um 2 Uhr statt.

Bei der hohen Bedeutung der Wärmeverhältnisse für die Verjüngung und das Wachstum im Plenterwalde, beim Löcherhieb, beim Femelschlagbetrieb, bei der Schirmverjüngung, mögen noch die Zahlen von einzelnen, teils wärmeren, teils kühleren Tagen beigefügt sein.

Tabelle 82.

Bodentemperatur 2 Uhr.

	12. Juni 1909	13. Juli 1909	9. Aug. 1909	21. Juni 1909	19. Juli 1909	16. Aug. 1909
1. Nordseite; mit Südlicht; unter Buchen	11,0	13,0	17,0	16,5	18,8	20,8
2. Nordseite; mit Südlicht oben offen.	11,4	14,2	17,7	27,2	24,3	24,6
3. Mitte der Lücke	12,8	15,2	17,5	25,7	23,4	20,1
4. Südseite; Nordlicht; oben offen	11,6	13,6	16,2	15,2	17,6	18,2
5. Südseite unter Buchen; Nordlicht	11,6	12,8	16,2	14,6	16,7	17,8
6. Nordseite unter Unterholz; Südlicht			14,8			16,2
7. Südseite; unter Unterholz; Nordlicht			15,0			16,1

Die Mitte der Lücke und die anstoßende Nordseite der Lücke mit einfallendem Südlicht sind am wärmsten; diejenige gegen den Bestand von Süden mit einfallendem Nordlicht die kältesten. An kühleren Tagen beträgt der Unterschied nur etwa 1°, an warmen Tagen 2—6° und darüber. Ist unter den alten Buchen noch Unterholz vorhanden, so sind die Temperaturen im Innern des Bestandes auf der Nord- und Südseite ungefähr gleich hoch.

Da die Belichtung mit einfallendem Südlicht ebenfalls stärker ist, so erklärt sich das bessere Wachstum der auf der Nordseite einer Lücke stehenden Pflanzen. Licht und Wärme erreichen das Maximum; ist genügend Wasser im Boden, so muß mit einfallendem Südlicht das Wachstum seinen höchsten Wert erreichen. Ist dagegen der Wasservorrat zu gering, so kann geringeres Wachstum, selbst Vertrocknung eintreten. Der schließliche Erfolg hängt also von den Niederschlägen und dem Boden ab.

Bei Löcherhieben, dem Femelschlagbetrieb haben also die in der Mitte und nach Norden zu liegenden Teile der Lücke die günstigsten Wärme- und Lichtverhältnisse. Der praktische Verjüngungsbetrieb bestätigt diese Feststellung dadurch, daß die Lücken in der Regel dem stärkeren Wachstum der jungen Pflanzen entsprechend nach Norden und Osten zu erweitert werden.

Noch schärfer treten die Unterschiede hervor, wenn in einer rings geschlossenen Lücke die Beobachtungen gemacht werden.

15. In einer Lücke, die von 5 m hohen, ringsum gepflanzten Cypressen gebildet wird, wurden Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse in Lücken angestellt. Die Verjüngungsschläge im Schirm-

schlagbetrieb, die Löcherhiebe, auch die seitliche Verjüngung neben dem alten Bestande finden unter diesen Voraussetzungen statt.

Tabelle 83.

Bodentemperatur in einer Lücke.
1913. April, Mai. 5 cm tief

	8 Uhr	1 Uhr	6 Uhr	Mittel
Nordseite mit Südlicht	7,8	13,6	13,1	11,5
Ostseite mit Westlicht	7,5	12,0	13,2	10,9
Südseite mit Nordlicht	6,2	8,7	9,5	8,1
Westseite mit Ostlicht	7,4	12,7	11,3	10,4
Mitte der Lücke	7,5	13,1	12,8	11,1
	Gegenüber der Nordseite der Lücke mit Südlicht			
Ostseite	— 0,3	— 1,6	+ 0,1	— 0,6
Südseite	— 1,6	— 4,9	— 3,6	— 3,4
Westseite	— 0,4	— 0,9	— 1,8	— 1,1
Mitte	— 0,3	— 0,5	— 0,3	— 0,4

Die höchsten Temperaturen herrschen auf der Nordseite der Lücke bei Einfall des Lichtes von Süden, dann folgt die Mitte und die Ostseite mit einfallendem Westlicht; die geringste Temperatur hat die Südseite der Lücke, die von direktem Sonnenlicht gar nicht getroffen wird, also den ganzen Tag beschattet ist.

16. Die Einwirkung von Deckgittern auf die Temperatur des Bodens habe ich im August bis Oktober 1893 im Versuchsgarten Adlisberg beobachtet[1]. Im Durchschnitt betrug die Bodentemperatur:

	6 Uhr	9 Uhr	12 Uhr	3 Uhr	6 Uhr	Mittel
I. Freies Beet	12,4	16,5	21,0	23,0	20,0	18,6
II. Zu 1/4 bedecktes Beet.	13,8	15,2	17,9	21,5	19,7	17,7
III. „ 2/4 „ „	13,7	15,1	17,5	18,7	17,8	16,6
IV. „ 2/3 „ „	13,8	14,6	16,3	17,3	16,8	15,8
	Unterschiede gegenüber der Temperatur im freien Beet.					
II. Zu 1/4 bedeckt	+ 1,4	— 1,3	— 3,1	— 1,5	— 0,3	— 0,9
III. „ 2/4 „	+ 1,3	— 1,4	— 3,5	— 4,3	— 2,2	— 2,0
IV. „ 2/3 „	+ 1,4	— 1,9	— 4,7	— 5,7	— 3,2	— 2,8

Durch Deckgitter wird die nächtliche Ausstrahlung vermindert; die geschützten Beete sind morgens um 1,3—1,4° wärmer. Dagegen bleibt die Erwärmung der geschützten Beete gegenüber den freien Beeten sehr zurück; je dichter die Latten liegen, um so niedriger ist die Temperatur. Zur heißesten Tageszeit ist der Unterschied am größten (4,7—5,7°), auch abends 6 Uhr ist er noch erheblich (3,2). An einzelnen sonnigen Tagen steigt der Unterschied auf 8—10°.

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 3, 194.

Über das Wachstum der Pflanzen in den verschiedenen Beeten ist oben (§ 38) berichtet worden. Neben der geringeren Beleuchtung hat auch die niedrige Temperatur auf das Wachstum der Pflanzen eingewirkt.

§ 103. Praktische Schlußfolgerungen.

1. Durch jede Beschattung tritt eine Erniedrigung der Bodentemperatur ein, die (an sich; ohne Berücksichtigung des Wasservorrats im Boden) auf das Wachstum ungünstig einwirken muß.

Das geringe Wachstum junger Pflanzen im Schatten des Waldes ist teilweise auf die geringere Bodentemperatur zurückzuführen. Von der geringeren Lichtmenge und der meist auch geringeren Feuchtigkeit läßt sich der Einfluß der Bodentemperatur nicht trennen.

Dagegen zeigen andere Untersuchungen, welche Wirkung die niedrigere Temperatur im Freien — ohne die Beschattung alter Bäume von oben — auf Keimung und Wachstum der Keimpflanzen hat. Es kommt praktisch nicht nur auf die Erniedrigung der Bodentemperatur überhaupt, sondern darauf an, ob diese Herabsetzung das Wachstum ungünstig beeinflußt oder nicht. Im letzteren Falle wäre jene Erniedrigung gleichgültig. Der Nachweis ist schwer zu führen, da Licht und Feuchtigkeit von der Temperatur nicht zu trennen sind. Bei Saaten spielen die ersteren aber eine geringere Rolle, da die Keimung von der Wärme in erster Linie abhängt. Bis zu einem gewissen Grade wird auch die Entwickelung der Keimlinge von der Wärme beeinflußt sein.

2. Als praktisches Beispiel können die Verhältnisse in einer Lücke („Löcherhieb“) dienen.

Es wurden ausgesät am 17. April 1913 die Samen von Fichte, Tanne, Föhre, Lärche, Schwarzföhre; Buche, Eiche, Bergahorn, Weißerle, Birke je auf Lehmboden und auf Sandboden.

Dauer der Keimung im Innern einer Lücke.

	Nordseite mit Südlicht	Ostseite mit Westlicht	Südseite ohne direktes Sonnenlicht	Westseite mit Ostlicht	Mitte der Lücke
	im Durchschnitt aller Holzarten Tage				
Lehmboden	33,0	34,4	38,3	33,3	30,9
Sandboden	29,9	33,9	37,4	33,9	29,4
Gesamtdurchschnitt	31,4	34,1	37,8	33,6	30,1
Bodentemperatur während der Keimzeit °C	11,5	10,9	8,1	10,4	11,1

Die Keimung geht am raschesten vor sich in der Mitte, dann folgen die Nordseite mit Südlicht, die Westseite mit Ostlicht, dann die Ostseite mit Westlicht; am längsten währt die Keimung auf der Südseite, die kein direktes Sonnenlicht erhält.

Der Unterschied in der Keimdauer beträgt im Durchschnitt 8 Tage; bei den Nadelhölzern steigt er auf 13—19 Tage.

Ordnet man die verschiedenen Seiten nach der Entwickelung der Pflanzen, so ist die Reihenfolge ebenfalls: Mitte, Nordseite mit Südlicht, Westseite mit Ostlicht, Ostseite mit Westlicht, Südseite ohne direktes Sonnenlicht.

Die Vergleichung der Bodentemperatur läßt den Einfluß der letzteren auf die Keimung leicht erkennen.

3. In Gegenden mit 8° Jahrestemperatur ist der Einfluß der starken Beschattung auf die Bodentemperatur schon sehr ungünstig. Noch mehr wird dies bei 6 und 4° der Fall sein. Vom Standpunkt der Bodenwärme aus ist der dichte Schluß des Hochwaldes zu verwerfen. Durch praktische Maßnahmen im Walde ist die Erhöhung der Bodentemperatur durch Zutritt des Sonnenlichtes anzustreben.

Wie dies im praktischen Betriebe erreicht werden kann, wird unten zu besprechen sein.

Die Struktur und Lagerung des Bodens.

§ 104.

Allgemeines.

1. Die einzelnen Bodenteilchen liegen teils lose neben einander, teils sind sie zu kleineren Bröckchen, Aggregaten, vereinigt. Erstere Art der Lagerung bezeichnet man als Einzelkorn-, letztere als Krümelstruktur.

Unter Kohärescenz des Bodens versteht man die Anziehungskraft, welche die einzelnen Bodenteilchen aufeinander ausüben.

Diese Verhältnisse des Bodens sind von großer praktischer Bedeutung, weil

a) das Eindringen der Wurzeln in den Boden,
b) der Zutritt des Sauerstoffs zu den Wurzeln,
c) das Einsickern des Regenwassers,
d) auch die Temperatur des Bodens,
e) die leichtere oder schwierigere Bearbeitung des Bodens

vom Zusammenhang der einzelnen Bodenteile beeinflußt sind[1]).

2. Durch Bodenbearbeitung und Düngung sucht der Landwirt die günstigste Bodenstruktur, die Krümelbildung herzustellen. Im Walde stehen nur wenige Mittel zu diesem Zwecke zur Verfügung; in der Hauptsache muß die Behandlung der Bestände den günstigen Bodenzustand zu erhalten oder herbeizuführen suchen.

Die Baum- und Stockrodung, das Fällen, Aufarbeiten, Schleifen und Wegfahren des Holzes, Grabenziehungen und Erdaufwürfe, Wegbauten beeinflussen bald auf größerer, bald kleinerer Fläche die Lagerung des Bodens. Der Waldfeldbau, die Hackwald- und Reutfeldwirt-

[1]) Ramann, Bodenkunde. [3]295. Mitscherlich. [2]43.

schaft, der Weidebetrieb, der Plaggenhieb, die Nutzung der Laub- und Nadelstreu, des Mooses, der Heide und Heidelbeere verändern die Lagerung der oberen Bodenschichten je nach der Art der Ausübung in bedeutendem Grade. Bei Stein-, Mergel-, Lehm-, Ton-, Sandgruben findet meist auf beschränkter Fläche eine Auf- und Umlagerung des Bodens statt. An Bächen und Flüssen hin führt das Ab- und Anschwemmen von Boden, die Überdeckung mit Kies und Schutt zu veränderter Lagerung des Bodens. Das Eingraben der Wildbäche, das Abrutschen von geneigten Flächen, Murgänge, auch Lawinen und Steinschlag bewirken lokale Umlagerungen des Bodens. Die Bodenvorbereitungen zu Saaten und Pflanzungen, das Aufhacken verhärteten Bodens für die natürliche Verjüngung oder für das Zurückhalten des Laubes kommen bald auf großen, bald kleinen Flächen hinzu.

3. Überblicken wir alle diese Veranlassungen zur Bearbeitung des Bodens in dieser oder jener Form, zu diesem oder jenem Zwecke, so können wir nicht von einer systematischen Bearbeitung des Bodens reden, wie sie im Feldbau durch Pflügen, Eggen, Hacken, Walzen üblich ist. Die mehr zufällige Bearbeitung des Bodens im Walde spielt aber doch eine bedeutendere Rolle, als man vielleicht annimmt.

Daß sie überwiegend von günstigem Einflusse auf das Wachstum ist, läßt sich leicht nachweisen. Auf Stocklöchern, Grabenaufwürfen, auf dem durch Waldfeldbau gelockerten Boden ist die Entwickelung der Pflanzen weit besser, als auf „gewachsenem Boden". Die Unfruchtbarkeit mancher Bodenstellen ist vielfach auf die ungünstige Struktur und Lagerung des Bodens zurückzuführen. Bodeneinschläge und physikalische Untersuchungen, Versuche auf dem festen und gelockerten Boden geben oft bessere Aufschlüsse über den Boden, als die chemische Untersuchung.

4. Diese weist allerdings vielfach einen geringeren Vorrat an Kalk im Boden nach. Allein das geringe Wachstum auf kalkarmem Boden ist weniger auf die chemische Zusammensetzung, als auf die geringe Lockerheit des Bodens beim Mangel an Kalksalzen zurückzuführen [1]). „Im Walde findet man nicht selten die unteren Schichten vielfach locker gelagert und gekrümelt, den Oberboden aber dicht gelagert. Es sind dies immer Beweise für starke Auswaschung und Rückgang des Bodens. Namentlich auf Heiden, dann auf alten Laubholzböden, die mit Fichten bepflanzt sind, läßt sich dies häufig beobachten." (Ramann).

5. Neben der Auswaschung kommt die mechanische Wirkung des fallenden Regens in Betracht [2]). Im nassen Boden sind die Bodenteilchen leicht verschiebbar, so daß von Wasser gesättigte Krümel

---

[1]) Vgl. Kraus, Boden und Klima. Seite 25 ff. Ramann, Bodenkunde. [3]301, 303, 305.

[2]) Ramann, [3]305.

leicht zerstört werden. „Verschlämmen", „Dichtschlämmen" des Bodens ist auf Kahlschlägen, in Pflanzschulen keine seltene Erscheinung.

Bloßliegen des Bodens führt um so rascher zur Verdichtung der oberen Schichten, je ergiebiger die Regenfälle sind. Eine Decke durch Pflanzen, sowohl niedrige als hohe, schützt den Boden vor Dichtschlämmen und Auswaschen. Die harten Stellen, die wir im Waldboden selbst unter dem geschlossenen Bestande treffen, rühren vom Dichtschlämmen her. Aus Hoppes Untersuchungen wissen wir, daß durch die Baumkronen an bestimmten Stellen ständig stärkere Wassermengen abtropfen.

Von großer praktischer Bedeutung ist die Bemerkung Ramanns[1]) über die Krümelbildung verschiedener Bodenarten. Dieser sind alle fähig, „selbst ziemlich grobkörnige Sandböden können sie annehmen, bei mittel- und feinkörnigen Sandböden ist die Krümelung oft sehr ausgeprägt. Die höchste Wichtigkeit erreicht sie bei schweren Böden, die ohne Krümelung fast undurchlässig für Wasser sind. Sehr schwere, tonreiche Böden, sowie Sandböden, erlangen die Krümelung am schwierigsten und verlieren sie am leichtesten".

6. Über die Adhäsion und Reibung der Bodenarten an Holz und Eisen haben Puchner, Wollny und Schachbasian Untersuchungen angestellt[2]). Puchner faßt die Ergebnisse dahin zusammen, daß der Boden in pulverförmigem Zustande einen beträchtlich größeren Trennungswiderstand besitzt als bei krümeliger Beschaffenheit und daß dies für sämtliche Feuchtigkeitsgrade gilt.

7. Der dichte Boden ist wegen der besseren Wärmeleitungsfähigkeit etwas wärmer, als der lockere. Der Unterschied beträgt meist 0,1—0,2 °C, seltener bis 0,5° oder darüber; er kann also praktisch vernachlässigt werden.

8. Die sämtlichen Untersuchungen über Struktur und Lagerung der Böden führen zu der Schlußfolgerung, daß die Wirtschaft im Walde die Erhaltung der Lockerheit des Waldbodens anzustreben hat.

§ 105.

Porenvolumen und Wurzelverbreitung.

1. Die üblichen Unterscheidungen der Bodenarten in Bezug auf Lagerung und Kohäsion geben nur eine ungefähre Vorstellung von den Bodenzuständen.

Die Ausdrücke: fest, streng, schwer, bindig, mild, locker, leicht, lose, flüchtig müssen aber für praktische Zwecke vorerst genügen.

Die Bestimmung des Porenvolumens, d. h. der mit Luft erfüllten Räume des Bodens ist nur für wenige Bodenarten durchgeführt[3]). Die für Sandboden gefundenen Resultate gibt Ramann

[1]) Ramann, [3]306.

[2]) Wollny, Forschungen. 12, 195; 8, 349; 13, 193.

[3]) Ramann, [3]309.

an. Bei sehr dicht gelagertem Sandboden beträgt das Porenvolumen unter 50 %, bei dicht gelagertem 50—55 %, bei locker gelagertem 55—60 %, bei sehr locker gelagertem über 60 %. Die Zahlen schwankten zwischen 37 % und 73 % Porenvolumen.

Der Satz Ramanns, daß die oberen Schichten des Bodens in der Regel locker, die unteren dicht gelagert seien, ist vom Sandboden abgeleitet.

Für gleichmäßig gelagerte Diluvialböden sind solche Erhebungen leichter zu machen, als in Sedimentärformationen, in welchen Sand-, Mergel-, Lehm- und Steinschichten in regelloser Wechsellagerung vorkommen.

2. Über das Eindringen der Wurzeln unserer Waldbäume in den Boden sind noch keine ausreichenden Untersuchungen vorhanden. Das langsame Wachstum unserer jungen Waldbäume auf festem Boden, die Entwickelung zahlreicher oder spärlicher Wurzeln und Faserwurzeln, das Wachstum der Wurzeln in die Tiefe auf verschiedenen Bodenarten harren noch der Untersuchung. Im Walde finden sich aber genug Beispiele, welche für einen Satz Mitscherlichs[1]) zu sprechen scheinen. „Alles, was die Pflanzenwurzel zwingt, in tiefere Bodenschichten einzudringen, wie der Gehalt des Bodens an groben Steinen, an grobem Sande u. a. m. erfordert einen erhöhten Energieaufwand und vermindert somit den Ertrag". Ein augenscheinlicher Beweis ist das Wachstum der Bäume auf Böden mit Steinen, die von den Wurzeln „umklammert" werden, oder das anfänglich langsame Wachstum auf Tonboden etc.

„In einer genügenden Krümelung hat man die wichtigste physikalische Bedingung des Bodens für normale Entwickelung der Pflanzenwelt zu sehen".

Die Einwirkung des festgelagerten Tonbodens auf das Wachstum ist im Versuchsgarten Großholz durch einen besonderen Versuch nachgewiesen worden. Tonboden wurde in zwei Beete eingefüllt. Im einen Beete wurde der Boden in der hiebei entstandenen Lockerheit belassen, im anderen wurde er in der oberen Schichte festgestampft. Die einzelnen Beete wurden nun mit Fichten, Tannen, Föhren, Lärchen, Schwarzföhren, Buchen, Eichen, Ahorn, Bergahorn (und Birken; die Saat mißriet) angesät. Die jetzt 5 jährigen Pflanzen sind in allen Beeten auf dem festgestampften Boden im Wachstum zurückgeblieben.

§ 106. Das Eindringen der Luft und des Wassers in den Boden.

1. Die Durchlüftbarkeit des Bodens, die insbesondere auch für die Zersetzung organischer Stoffe und die Bildung von Kohlensäure

---

[1]) A. a. O. [2]110. Ramann legt dieser „hübschen Erwägung" wenig Wert bei. ([3]307).

wichtig ist, wurde mehrfach genauer untersucht[1]). Die Resultate stimmen aber nicht durchweg überein. Gleichwohl mögen einzelne Zahlen angeführt sein, um die Unterschiede der Bodenarten genauer auszudrücken.

Renk[2]) fand, ,,daß die Permeabilität durch Lockerung bedeutend vergrößert wird und in um so höherem Grade, je feinkörniger der Boden ist". Dies geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

Material	Durchgegangene Luft in Litern locker	fest
Mittelkies	25,21	15,62
Feinkies	24,97	17,56
Grobsand	5,72	2,95
Mittelsand	1,10	0,27

Ammon[3]) hat je eine 50 cm hohe Schicht Lehm von verschiedener Feinheit untersucht.

	Durchgegangene Luft in Litern pro Stunde
Pulver	1,62
Krümel 0,25—0,50 mm	30,90
0,50—1,00 ,,	123,75
1,00—2,00 ,,	420,16

,,Diese Zahlen zeigen ohne weiteres, daß die Durchlässigkeit des Bodens für Luft in außerordentlichem Grade von der Lockerung desselben abhängig ist und daß der Einfluß der letzteren ein beträchtlich größerer ist, als derjenige, welcher durch die Größe der Bodenteilchen bedingt ist".

2. Ammon zeigt ferner[4]), daß ,,im allgemeinen die Permeabilität mit dem Wassergehalt des Bodens abnimmt und daß die Abnahme um so größer ist, je mehr Wasser der Boden zu fassen vermag". ,,Bei geringer Anfeuchtung wird die Durchlässigkeit des Bodens" für Luft erhöht".

		Durchgegangene Luft in Litern per Stunde				
Korngröße	Feinheit des Materials mm	Trockener Boden	Wasser im Boden 50 ccm	100 ccm	150 ccm	200 ccm
I	0,00—0,25	16,76	20,69	17,24	7,04	1,68
II	0,25—0,50	44,77	48,42	28,80	3,02	—
III	0,50—1,00	96,36	102,02	64,82	31,68	—
IV	1,00—2,00	277,47	295,16	105,64	—	—

[1]) Ramann, [3]307. Ammon, Permeabilität des Bodens für Luft. Wollnys Forschungen, 3, 209. Wollny daselbst 16, 193.

[2]) Forschungen, 2, 341.

[3]) A. a. O. 3, 228.

[4]) A. a. O. 3, 235.

3. Ammon teilt das Resultat weiterer Untersuchungen mit[1]), die für den Waldboden von besonderer Bedeutung sind.

Bodenbeschaffenheit	Durchgegangene Luft in Litern per Stunde
Nackt	7,32
Mit Stroh bedeckt	6,30
Mit Grasrasen bedeckt	1,61

Durch eine 1 cm dicke Schichte von fein geschnittenem Roggenstroh wurde die Durchlüftbarkeit nur wenig, durch einen Grasrasen aber bedeutend beeinträchtigt.

4. Welche Förderung unser Wissen durch Untersuchungen über die Durchlüftung des Bodens erfahren würde, mag noch eine Bemerkung von R. Heinrich[2]) zeigen.

„In den bei 20 cm Druck nicht durchlüftbaren Böden wachsen nur Schachtelhalm, Sumpfvergißmeinnicht und entsprechende Pflanzen, deren Atmungsenergie eine geringere ist .... Wie wichtig dieser Faktor für die Pflanzenkultur ist, geht daraus hervor, daß man durch die Veränderung der Durchlüftbarkeit die Vegetation vollständig ändern kann. Auf Torfboden, der mit schwer durchlüftbarem Mergelboden 2—5 cm überdeckt wurde, verschwanden die süßen Wiesengräser und der Bestand wurde im darauf folgenden Sommer ausschließlich von Equisetum gebildet".

5. Den Einfluß der Struktur des Bodens auf dessen Permeabilität für Wasser hat Wollny an 20 cm mächtigen Schichten untersucht[3]).

Bodenart	Beschaffenheit des Bodens	In 10 Stunden geförderte Wassermenge in Litern
Lehm	pulverförmig	0,098
	krümelig	2,276
Humoser Kalksand	pulverförmig	0,229
	krümelig	4,040
Lehm krümelig	locker	2,604
	mitteldicht	0,520
	dicht	0,382
Humoser Kalksand	locker	4,040
	mitteldicht	2,195
	dicht	0,849

„Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß die Permeabilität des Bodens für Wasser im krümeligen Zustand beträchtlich größer ist, als im pulverförmigen (Einzelkornstruktur) und daß die unter übrigens gleichen Umständen durch den Boden tretenden Wassermengen in dem Grade abnehmen, als das Material zusammengepreßt wurde. Im krümeligen

[1]) A. a. O. 3, 240.

[2]) Über Prüfung der Bodenarten auf Wasserkapazität und Durchlüftbarkeit. Forschungen, 9, 259.

[3]) Forschungen, 14, 27.

Erdreich finden sich viele größere, sog. nichtkapillare Hohlräume, während im pulverförmigen Zustand jene Lücken fehlen“.

6. Steine, die eine Änderung in der Struktur des Bodens hervorrufen, setzen nach Wollny[1]) die durchtretenden Wassermengen herab und zwar um so mehr, je größer ihre Menge ist. Ohne Steine traten durch eine 20 cm dicke Sandschicht 158 Liter, bei 50 Volumprozenten an Steinen nur 94 Liter Wasser durch.

§ 107. Das Wachstum im nassen Boden.

1. Die vorstehenden Untersuchungen (§ 106) zeigen, daß das geringe Wachstum auf nassem Boden — bei stockender Bodennässe — vom Abschluß der Luft herrührt. Nur solche Pflanzen werden auf nassem Boden zu vegetieren vermögen, deren Wurzeln einen geringeren Luftbedarf haben.

Um die Holzarten in dieser Richtung genauer prüfen zu können, sind im Versuchsgarten Großholz seit 1905 besondere Untersuchungen im Gange.

Mehrere Abteilungen des Gartens wurden rings mit wasserdichten Gräben umzogen, in welchen das Wasser das ganze Jahr über 60 cm hoch stand. Die Beete waren stets naß erhalten bis zur Bodenoberfläche. Der eingefüllte Boden bestand aus Lehm, Ton und Sand.

2. Die Wahrnehmung Heinrichs (§ 106, 4) kann ich bestätigen. Nach zwei Jahren stellten sich auf Lehm, nach drei Jahren auf Ton saure Gräser, Binsen und Schachtelhalm ein, welche die ganze Fläche, auf Ton allerdings in lichter Bestockung, überziehen. Unmittelbar daneben war für Lehm und Sand der Wasserspiegel um 30 cm und 60 cm gesenkt; auf diesen Flächen fanden sich die oben genannten Pflanzen nicht ein.

3. Auf der stets nassen Fläche waren zahlreiche Holzarten 1905 teils gesät, teils gepflanzt worden. Ein großer Teil der Pflanzen ist dürr geworden. Was noch vorhanden ist, zeigt fast durchweg ein geringes Wachstum. Gutes Wachstum findet sich nur bei Schwarz- und Weißerle, großblättriger Linde, amerikanischer Esche und der Sumpfföhre (*Pinus pumilio*).

4. Von 50 im Jahre 1905 gepflanzten Stück sind nach 9 Jahren noch vorhanden in den vollständig naß erhaltenen Beeten mit

	Lehmboden	Sandboden
Fichte	16	9
Tanne	1	—
Föhre	4	22
Lärche	4	1
Weymouthsföhre .	1	2

Die Laubhölzer waren auf Lehm und Sand dürr geworden.

[1]) Forschungen, 14, 28.

5. Von 100 Stück, die 1905 auf Ton gepflanzt wurden, sind nach 9 Jahren noch vorhanden:

Fichte . . .	21	Buche . . .	— (1911 dürr gew.)
Tanne . . .	8	Stieleiche . .	36
Föhre . . .	52	Esche . . .	49
Lärche . . .	— (1913 dürr gew.)	Bergahorn . .	9
Weymouthsföhre	4	Birke . . .	6

6. Die 9 jährigen Pflanzen, die aus Saat in der stets naß erhaltenen Lehmfläche entstanden sind, zeigen wider Erwarten teilweise ein gutes, im ganzen meist besseres Wachstum, als die Pflanzungen:

Fichte mit ziemlich gutem Wachstum	Stieleiche mit mittlerem Wachstum
Tanne (1912 dürr geworden)	Bergahorn mit schlechtem Wachstum
Föhre mit ziemlich gutem Wachstum	Birke (1906 dürr geworden)
Lärche ,, ,, ,, ,,	Schwarzerle mit sehr gutem Wachstum
Bergföhre mit ,, ,, ,,	Weißerle mit sehr gutem Wachstum
Sumpfföhre mit sehr gutem Wachstum	Esche mit schlechtem Wachstum.
Buche mit schlechtem Wachstum	

7. In der stets naß erhaltenen Lehmfläche waren 1905 teils 1-, teils 2 jährig 55 verschiedene Holzarten gepflanzt worden. Von diesen fanden sich im Herbst 1913, also nach 9 Jahren, noch in wechselnder Anzahl die folgenden 16 Laub-, 17 Nadelhölzer lebend vor:

Alnus glutinosa	*Quercus cerris*
,, *incana*	,, *rubra*
Corylus avellana	*Rhamnus frangula*
Fraxinus americana	*Sorbus aria*
,, *excelsior*	,, *aucuparia*
,, *ornus*	,, *hybrida*
Pirus communis	*Tilia grandifolia*
,, *malus*	,, *parvifolia*
Abies Nordmanniana	*Pinus austriaca*
Cedrus Deodara	,, *corsica*
Chamaecyparis Lawsoniana	,, *maritima*
Juniperus communis	,, *montana*
Larix europaea	,, *mughus*
,, *leptolepis*	,, *pumilio*
,, *sibirica*	,, *uncinata*
Picea pungens	*Thuja occidentalis*
,, *sitchensis*	

Dagegen waren dürr geworden (im Jahre 19 . .):

Robinia pseudoacacia (1913)	*Acer platanoides* (1906)
Prunus avium (1911)	,, *pseudoplatanus* (1906)
,, *domestica* (1907)	*Ailanthus glandulosa* (1906)
,, *mahaleb* (1911)	*Carpinus betulus* (1906)
,, *padus* (1913)	,, *ostrya* (1905)

Staphilea pinnata (1906)	*Carya alba* (1906)
Acer campestre (1906)	*Celtis australis* (1906)
,, *negundo* (1906)	,, *occidentalis* (1906)
Pseudotsuga Douglasi (1906)	*Taxus baccata* (1905).

Die meisten Pflanzen starben 1906, d. h. im 1., 2., 3. Jahr nach der Einpflanzung ab; einige wenige dauerten 6—8 Jahre aus.

Die meisten Pflanzen sind im 9. Jahre 30—40 cm, einige wie Esche, Wacholder 1,0 bis 1,2 m hoch. Dagegen haben die beiden Erlen eine Höhe von 2,0—2,5 m erreicht.

VI. Die Mächtigkeit des Bodens.

§ 108. Allgemeines.

1. Im Waldboden, der in der Regel unbearbeitet, daher in der natürlichen Lagerung erhalten ist, lassen sich leicht 3 verschiedene Schichten unterscheiden:

A. Oben liegt eine meist von Humus schwarzgefärbte, lockere Schicht; Dammerdeschicht, Krume; von Ramann Oberboden genannt;

B. unter der Dammerdeschicht folgt eine meist gelb oder braun gefärbte Schicht; Obergrund; Unterboden nach Ramann;

C. zuletzt kommt eine meist noch wenig verwitterte Schicht; Untergrund, Rohboden, auch von Ramann so genannt.

Die Bezeichnungen sind vom landwirtschaftlichen Sprachgebrauch herrührende Ausdrücke. Ackerkrume ist die oberste, aber bearbeitete Schicht, wie sie in Saatschulen, beim Waldfeldbau, also nur ganz ausnahmsweise im Walde sich findet. Für die landwirtschaftliche Kultur und die Keimpflanzen im Walde ist sie die wichtigste Schicht. Für ältere Bäume dagegen kommt die 2. Schicht, der Obergrund, hauptsächlich in Betracht, weil die Wurzeln der Obst- wie der Waldbäume hauptsächlich in dieser Schicht sich verbreiten.

Zahlreiche Messungen in Versuchsflächen haben gezeigt, daß die meisten Wurzeln der Bäume sich in der Bodenschichte von 1—50 cm befinden, daß einzelne Wurzeln auch 100—120 cm tief eindringen. Nur die tiefwurzelnden Holzarten, wie Eiche, Föhre, Lärche senden ihre Wurzeln 2—3, selbst mehr als 5 m tief hinab.

2. Die Tiefe oder auch die Mächtigkeit der einzelnen Schichten wechselt nach Gebirgsart und Entstehungsart des Bodens (ursprüngliche Lagerung, angeschwemmter Boden). Man spricht von einer Schichte mit geringer, mittlerer, großer Mächtigkeit, je nach der Tiefe des gleichmäßig beschaffenen Bodens. Mächtigkeit ist die Tiefe einer Schicht im geologischen Sinne („die Sandsteinschichte ist . . m mächtig).

Gründigkeit (von Grund = fruchtbares Erdreich; „guter, schlechter Grund"; „Grund und Boden") ist die Tiefe des Bodens mit Rücksicht auf das Pflanzenwachstum.

§ 109. Krume, Obergrund, Untergrund.

1. Die Unterscheidung der drei Schichten ist bald sehr leicht, bald schwer. Die Abgrenzung nach der Farbe, nach der Zusammensetzung des Bodens und dem Verwitterungsgrade der Gesteine ist nicht immer sicher.

Am leichtesten läßt sich die oberste Schichte bestimmen, da sie meistens intensiv humos gefärbt ist. Sie ist in der Regel 10, selten 15—20 cm mächtig. Für die folgenden Schichten: Obergrund und Untergrund lassen sich genauere Angaben nicht machen. Weg-, auch Grabenböschungen, Kies-, Sand-, Mergel-, Tongruben, Stocklöcher geben Gelegenheit, die Mächtigkeit der tieferen Schichten zu studieren.

Die neueren geologischen und agronomischen Karten enthalten zahlreiche Bodenprofile, so daß diese Untersuchungen sehr erleichtert sind.

2. In den üblichen Bezeichnungen (Obergrund etc.) sind übrigens vielfach mehrere Arten und Varietäten des Bodens zusammengefaßt, wie genaue Untersuchungen ergeben haben.

Zu der oben (§ 87) erwähnten Humusausstellung von 1906 waren 379 Kistchen eingesandt worden, die ich genau untersuchte. Bei einer Tiefe des Bodens von nur 50 cm waren „in der Regel 7—9 einzelne Bestimmungen und Messungen auszuführen"[1]). Diese Schichten gehören meistens noch dem „Obergrund" an; er kann also schon aus mehreren, deutlich unterscheidbaren Bodenlagen zusammengesetzt sein.

3. Die Charakterisierung der einzelnen Schichten durch Ramann ist den Diluvialböden Norddeutschlands entsprechend gewählt.

Dort ist auch die Ermittelung eines Bodenprofils mit Handbohrern, Bohrstöcken leicht auszuführen. Im Urgestein und vielen älteren Sedimentärformationen kann ein Bodenprofil nur durch Einschläge erlangt werden. Mehr als 1,50 m tiefe Einschläge sind selten nötig.

Nach Ramann[2]) sind in der 1. Schicht: Oberboden, Dammerdeschicht, die Verwitterungsvorgänge überwiegend beendet und die leichter angreifbaren Mineralbestandteile bereits zersetzt. Die oberste Bodenschicht ist häufig ärmer an löslichen und immer ärmer an unlöslichen Mineralstoffen, als der unterlagernde Boden.

Daß in der obersten humosen Bodenschicht die Keimpflanzen gut gedeihen, führt Ramann[3]) auf die Lockerheit, gute Durchlüftung, den hohen Stickstoffgehalt und die Frische des humosen Bodens zurück.

[1]) Mitt. d. Württ. V.-A. 2, 3.
[2]) A. a. O. [3]502.
[3]) A. a. O. 502.

Die 2. Schicht, der Unterboden, Obergrund ist in der Regel die reichste an löslichen und von mittlerem Gehalte an unzersetzten Mineralstoffen.

Die 3. Schicht, Untergrund, Rohboden ist an löslichen Salzen arm, aber dafür reich an aufschließbaren Bodenbestandteilen.

Auch in den Sedimentböden wird diese chemische Zusammensetzung im allgemeinen zutreffen. Die neueren geologisch-agronomischen Aufnahmen und Bodenanalysen stimmen hierin ziemlich überein.

4. Um die Angaben über die Mächtigkeit oder Gründigkeit des Bodens sicherer und leichter vergleichbar zu machen, haben die forstlichen Versuchsanstalten folgende Bezeichnungen vereinbart:

sehr tiefgründig	über 1,2 m
tiefgründig	0,6—1,2 m
mitteltiefgründig	0,3—0,6 m
flachgründig	0,15—0,3 m
sehr flachgründig	bis 0,15 m

5. Als eine besondere Art von Untergrund ist der Ortstein zu erwähnen, über den eine zahlreiche Literatur vorhanden ist.

Der Ortstein ist ein durch humose Stoffe verkitteter Sandstein, der eine dunkelgelbe, gelbbraune bis schwarzbraune Färbung hat. Bald ist er weich und zerreiblich, bald steinhart. Liegt er einige Zeit an der Luft, so zerfällt er zu losem Sande.

Seine Entstehung wird auf die Auswaschung von Stoffen aus der obersten Bodenschichte zurückgeführt. Diese findet unter der Einwirkung von Rohhumus statt. In einer Tiefe von 20—30 cm werden diese humosen Stoffe wieder abgeschieden. Die Sandkörner überziehen sich mit denselben und verhärten. Es findet eine Anreicherung der zweiten Schichte mit humosen Stoffen statt, die durch zahlreiche Analysen nachgewiesen ist [1]).

Die oberste, ausgelaugte Schicht wird heller gefärbt und führt daher den Namen Bleichsand; auf diese folgt die Orterde oder bei Verhärtung die Ortsteinschicht, unter dieser der normale Boden. Die Hauptverbreitung hat der Ortstein im Diluvialsande von Norddeutschland und Dänemark, sodann in den Buntsandsteingebieten. Auch im Granit tritt manchmal Ortsteinbildung auf (Böhmerwald, Riesengebirge, Tatra, Schwarzwald).

Der Ortstein weist einen hohen Gehalt von Tonerde und humosen Stoffen, dagegen einen geringen an Kalk auf.

---

[1]) Literatur über Ortstein: Ramann, [3]199. Münst, M., Ortsteinstudien im oberen Murgtal (Schwarzwald). 1910. Mit reichhaltigen Literaturnachweisen auf Seite 58—60. Bleichsand und Ortstein. Eine bodenkundliche Monographie von Dr. W. Graf zu Leiningen. Abhandlungen der naturhist. Ges. Nürnberg. XIX. Bd. 1, 1911. Mit ausführl. Literaturnachweis.

Trotz der zahlreichen Untersuchungen ist die Entstehung des Ortsteins noch keineswegs ganz klar nachgewiesen.

Die vielfach ausgesprochene Ansicht, daß die Ortsteinbildung durch die heutige Waldwirtschaft befördert werde, ist nicht erwiesen. Die Feststellung, daß der Ortstein an manchen Orten vor Jahrhunderten, selbst Jahrtausenden schon gebildet wurde, widerspricht der Annahme direkt [1]).

Andererseits sind bei der Untersuchung der Humusproben mehrmals Bildungen vorgefunden worden, die der neueren Zeit angehören könnten. Sie sind unter dem Namen ,,Beginn der Ortsteinbildung" und ähnlich im Verzeichnis der Bodenproben aufgeführt [2]).

6. Um das Wachstum auf den bei der Ortsteinbildung beteiligten Schichten näher beobachten zu können, ließ ich Boden aus dem Buntsandsteingebiet des Schwarzwaldes bei Freudenstadt in den Versuchsgarten bei Tübingen verbringen.

Der in Beete mit lehmigem Untergrund eingefüllte Boden wurde zerkleinert und mit Fichten, Tannen, Föhren, Lärchen, Buchen am 13. April 1912 angesät.

Das beste Wachstum ist auf dem Bleichsand vorhanden. Auf diesen folgt der normale Boden, dann Ortstein und Orterde. Das Resultat ist auffallend, weil auf dem angereicherten Boden das Wachstum am geringsten ist.

Der auf dem Bleichsand aufgelagerte Rohhumus wurde unmittelbar nebenan mit denselben Holzarten angesät. Das Wachstum der meisten Holzarten auf diesem Rohhumus ist schlecht; nur die Föhre macht eine Ausnahme. Es sind 20—30 Keimlinge von Föhren erschienen, während von Fichte, Tanne, Buche nur 2—3 Keimlinge gezählt wurden, von denen im 2. Jahr fast alle dürr geworden sind.

7. Die waldbauliche Bedeutung der Mächtigkeit oder Gründigkeit des Bodens tritt im Wachstum der Holzarten deutlich hervor. Je tiefgründiger der Boden ist, um so besser pflegt das Wachstum zu sein.

Im tiefgründigen Boden stehen den Wurzeln mehr Nährstoffe zu Gebot, was die Produktion an organischer Substanz erhöhen muß.

Sodann nimmt der Wassergehalt des Bodens mit der Mächtigkeit und der Tiefe der kapillar wirkenden Schichten zu. Dadurch werden die obersten Bodenschichten von den Witterungsverhältnissen unabhängiger. Dies trifft auch für die Bodentemperatur zu.

---

[1]) Vgl. Leiningen a. a. O. Seite 44.

[2]) Mitt. d. Württ. V.-A. 2, 4 ff. Es sind die Nummern 4, 5, 8, 47, 50, 68, 89, 106, 113, 115, 117, 119, 124, 126, 135, 158, 175, 183, 184, 185, 210, 211, 212, 215, 223, 228, 235, 249, 251, 252.

Mit dem tieferen Eindringen der Wurzeln nimmt endlich die Standfestigkeit der Bäume zu, was nicht nur bei Windbruch, sondern auch bei Schneedruck von Bedeutung ist.

Der Untergrund erlangt besondere Wichtigkeit wegen seines Verhaltens zum Wasser und seines Einflusses auf den Wassergehalt des Obergrundes.

Dieser ist verschieden, je nachdem der Untergrund durchlässig oder undurchlässig ist. Ohne die Kenntnis des Untergrunds ist unser Urteil über den Boden stets unzuverlässig (vergl. die Abschnitte über Sickerwasser und Grundwasser).

VII. Die Biologie des Bodens.

§ 110. Allgemeines.

Die Schriftsteller über Bodenkunde widmen den biologischen Vorgängen bald größere (Ramann[1]), bald geringere (Mitscherlich[2]), Adolf Mayer[3]) Aufmerksamkeit. Ramann hebt hervor, daß unsere Kenntnisse auf diesem Gebiete noch sehr lückenhaft seien. Es kann sich also an diesem Orte nur darum handeln, die wichtigsten Erscheinungen kurz zusammenzustellen und Schlüsse für den praktischen Waldbau anzuknüpfen.

Der Einfluß der Pflanzen und der Tiere auf den Boden im Walde ist ausführlicher zu erörtern; derjenige des Menschen kommt an verschiedenen anderen Stellen zur Sprache, so daß er an diesem Orte nur kurz berührt zu werden braucht.

§ 111. Der Einfluß der Tiere auf den Boden.

1. Untersuchungen des Waldbodens, die P. E. Müller und Ramann[4]) vorgenommen haben, ergaben eine relativ geringe Menge von Regenwürmern. Am zahlreichsten sind sie im Laubwalde. Immerhin wird ihr Einfluß auf die Durchlüftung des Waldbodens nicht bedeutend sein.

2. Insekten verschiedener Art, Engerlinge, Ameisen;

3. ferner Mäuse, Maulwürfe tragen zur Umlagerung und Durchlüftung, teilweise zur Krümelbildung des Bodens bei.

4. Noch mehr ist dies bei zahmen und wilden Schweinen der Fall. Früher durchzogen zahlreiche Schweineherden den Wald, verzehrten allerdings einen Teil der Sämereien, bereiteten aber den Samen zugleich ein lockeres Keimbett und förderten die natürliche Verjüngung. In manchen Gegenden ist die Schweineweide noch üblich[5]) und man hat

---

[1]) Ramann, [3]410—499. [2]) Mitscherlich, [2]93—99. [3]) Mayer, [4]158—60.

[4]) [3]484.

[5]) Von landwirtschaftlicher Seite wird die Schweineweide neuerdings befürwortet, weil die Tiere gesunder und widerstandsfähiger werden.

sie neuerdings wieder als waldbauliche Hilfe eingeführt (Elsaß-Lothringen).

5. Auch das Weidevieh (Rindvieh, Pferde, Schafe, Ziegen) und das Wild verwunden durch den Tritt und das Losreißen des Rasens den Boden, wodurch das Keimen des Samens befördert wird.

6. Schließt man in Holzkasten den Zutritt der kleinen Tiere (Würmer, Mäuse etc.) ab, so erhält man vom gleichen Samenquantum die 2—10-fache Menge von Pflanzen gegenüber dem offenen Lande.

	Fichte	Tanne	Föhre	Lärche
	2jährige Pflanzen auf je 0,6 qm			
Auf altes Laub gesät, Samen mit neuem Laub bedeckt				
im freien Land	8	3	45	9
im Kasten . . .	80	7	200	80
Humoser Boden; Samen mit Laub bedeckt				
im freien Land	65	18	150	80
im Kasten . . .	300	42	600	250
Lehmboden; Samen mit diesem bedeckt				
im freien Land	200	100	450	90
im Kasten . . .	450	75	600	150

Durch Verzehren der Samen seitens der Tiere, Unterwühlen der Keimlinge und Hineinziehen in die Löcher durch die Würmer werden die kleinen Saatbestände sehr gelichtet. Das „Verschwinden“ von jungen Keimlingen wird neben der Trockenheit auch auf diese Tiere zurückzuführen sein.

§ 112. Der Einfluß der Pilze auf den Boden.

1. Verwesung und Fäulnis gehen im Boden unter der Einwirkung von Spaltpilzen (Bakterien) und Fadenpilzen vor sich. Lebensbedingung für die meisten dieser Pilze ist das Vorhandensein von organischen Bestandteilen und der Zutritt des Sauerstoffs der Luft. Das Endprodukt der Tätigkeit der kleinen Organismen ist Kohlensäure. Je lockerer und humusreicher der Boden ist, um so günstiger sind die Bedingungen für die Pilze. Auch der Wassergehalt spielt eine wichtige Rolle. „Gegen häufigen Wechsel im Wassergehalt scheinen die Bakterien empfindlich zu sein; sie gehen an Menge überall zurück, wenn die Böden dauernd frei liegen und des notwendigen Schutzes gegen Wasserverdunstung entbehren.... Die Bakterien sind insoweit lichtscheu, als sie sich ohne Licht besser entwickeln und gegen größere Lichtstärken empfindlich sind ... Die Hauptmasse der Arten und Individuen finden sich in den obersten lockeren Schichten der Böden... Bereits in 25 cm Tiefe nimmt die Zahl der Bakterien stark ab und viele

Untersuchungen zeigen, daß die meisten Bodenarten in einer Tiefe von 40—50 cm praktisch bereits steril sind[1]....

„Als wichtigste Tatsache ist festgestellt, daß in allen gut durchlüfteten, lockeren, nährstoffreichen Böden von neutraler oder schwach alkalischer Reaktion die Bakterien dominieren, in dichtgelagerten und in absorptiv ungesättigten (sauren) Böden dagegen die Fadenpilze. Als wahrscheinlich kann angenommen werden, daß die größere Widerstandsfähigkeit der Fadenpilze besonders dann zur Geltung kommt, wenn der Boden häufigem Wechsel im Wassergehalt ausgesetzt ist, ein Fall, der in ausgehagerten oder in streuberechten Waldböden gegeben ist“[2].

Auch Löhnis[3]) betont, daß genügende Feuchtigkeit im Boden vorhanden sein müsse, um ein reiches Bakterienleben möglich zu machen. Feuchtigkeit sei für die Nitrifikation wichtiger, als die Durchlüftung. 60—80 % der Wasserkapazität sei der optimale Zustand. Langsames Eintrocknen schade nicht, dagegen rasches. Schädlich sei der Wechsel zwischen Feuchtigkeit und Austrocknen, wie andererseits die völlige Durchnässung. Höhere Erdtemperatur sei günstig.

2. Ramann hat die Zahl der Pilze unter verschiedenen Verhältnissen festgestellt[4]). Die Zahlen zeigen so überraschend den Einfluß des Bodenzustandes auf die Zahl der Pilze, daß sie hier angeführt werden sollen.

In der auflagernden Waldstreu fanden sich,

	auf 1 g Trockensubstanz Spaltpilze	Fadenpilze
1. Kiefer mit Buchenunterwuchs	35 000 000	60 000
2. Kiefer ohne Buchenunterwuchs daneben; reichliche Heidelbeer- und Moosdecke	1 647 000	343 000
3. Obere lose Streudecke von Buche	31 000 000	560 000
4. Unter 3 lagernde lockere vorjährige Streu	264 000	800 000
5. Streu im Eschenstangenholz	40 000 000	3 430 000
6. Streu unter Fichten; lockere Nadeldecke	50 000 000	unzählbar
7. Unter Kiefer; geschlossene ältere Schonung	5 153 000	1 360 000

Im Boden ist der Unterschied in der Zahl der Organismen sehr groß. Es enthielt 1 g Trockensubstanz

Mullboden	Lehmboden	4 860 000	Bakterien
	Sandboden	2 500 000	„
Boden unter Rohhumus; Sandboden		247 000	„

Die Erhaltung der verschiedenen Schichten von Streu und die Bewahrung gleichmäßiger Feuchtigkeit, wie sie in der praktischen Wirt-

[1]) Ramann, [3]413—16, 438.

[2]) 438.

[3]) Vorlesungen über landw. Bakteriologie 1913, Seite 63 ff. Handbuch der landw. Bakteriologie. 1910. Seite 512, 737. Vgl. A. Kossowicz, Einführung in die Agrikulturmykologie. I. Bodenbakteriologie. 1912. Seite 74—86.

[4]) 439.

schaft von jeher angestrebt werden, sind durch die wissenschaftliche Untersuchung als die Hauptbedingung des Lebens der Pilze nachgewiesen. Lockerheit, Feuchtigkeit und Krümelung des Waldbodens führen bei Zutritt von Sonne und Sonnenwärme einen Zustand herbei, den man im Ackerbau als „Gare“ bezeichnet. „Dieser Zustand der Gare ist der natürlichen Verjüngung der Waldbäume günstig und geht nach längerer oder kürzerer Zeit, meist nach einigen Jahren wieder verloren“ [1]).

3. Die im Boden lebenden Algen spielen im Sandboden eine nicht unwichtige Rolle, insofern sie zur Befestigung des Sandes dienen. Auch sonst scheinen sie von günstigem Einfluß auf die Fruchtbarkeit des Bodens zu sein [2]).

§ 113. Die Laub-, Nadel- und Moosdecke.

1. Als Bodendecke kommen in Betracht: Laub, Nadeln, Moose.

In früheren Paragraphen sind die Wirkungen dieser Bodendecken auf Humusbildung, Wassergehalt, Temperatur des Bodens bereits besprochen worden. Es ergab sich, daß Laub und Moos die Temperatur des Bodens herabsetzen, die Verdunstung vermindern und dadurch eine größere Bodenfeuchtigkeit herbeiführen [3]). Hier sind noch einige weitere Punkte zu besprechen.

2. Die Menge dieser Bodendecken ist durch Untersuchungen in Preußen, Bayern, Sachsen, Württemberg, der Schweiz, Frankreich festgestellt worden.

Die Buchenlaubdecke hat ein Lufttrockengewicht von 4000—8000 kg, die Nadeldecke von 3000—4000 kg pro ha.

Bei Untersuchungen, die ich 1873 im württembergischen Schwarzwalde machte, ergaben sich im lufttrockenen Zustande für reines Moos unter Tannen 6140 kg, für Moos und Heidelbeere zusammen 9789 kg, für Moos, das aus den stehenbleibenden Heidelbeerkräutern gerecht wurde 4494 kg.

3. Was den Wassergehalt dieser Streusorten betrifft, so ergab sich aus den Untersuchungen in Württemberg, daß Moos wenigstens das 5,1—10 fache, Laubstreu das 1,2—4,5 fache des lufttrockenen Gewichts an Wasser, d. h. an aufgesaugten Niederschlägen enthielt. Gyr [4]) fand, daß Sphagnum das 12,2-, Hypnumarten das 9,2—11,7fache, Laubstreu das 2,6-, Fichtennadelstreu das 1,4 fache des lufttrockenen Gewichts an Wasser festhielt.

---

[1]) Ramann, 441.

[2]) Ramann, 442.

[3]) Vgl. hiezu Riegler, Beiträge zur Lehre von den Moosdecken und von der Waldstreu. Mitt. der Österr. V.-A. II, 200.

[4]) Gyr, Die Flechten und Moose im Haushalt der Natur. 1899. S. 12.

Nach Riegler[1]) schwankt das Ansaugungsvermögen der Moose vom 1,77 = bis 10,41 fachen.

Moos würde also 25 500 Laubstreu 4800—18 000 kg oder Liter pro ha bei vollständiger Trockenheit von der Regenmenge aufnehmen, bezw. dem Boden entziehen. Da 1000 mm Niederschlagshöhe 1000 Liter pro qm gibt, so ist der dem Boden entzogene Niederschlag an sich gering. Von ganz schwachen Niederschlägen wird unter den Kronen der Bäume allerdings den Pflanzen nur selten Wasser zugeführt werden. Es kann also ein Vertrocknen der Keimlinge trotz der Laub- und Moosdecke stattfinden. Je reichlicher die Niederschläge erfolgen, um so geringer ist die Bedeutung der Moos- oder Laubdecke für die Bodenfeuchtigkeit.

4. Mit der Entfernung des Mooses oder des Laubes aus dem Bestande, wie es bei der Nutzung als Streu oder zur Bloßlegung des Bodens bei der Verjüngung, zur Köhlerei, zum Decken von Saaten, auch durch Windverwehen, Abschwemmen manchmal geschieht, werden dem Boden Mineralstoffe entzogen, die sich in der obersten Bodenschichte angesammelt hätten. Der Entzug beträgt im Durchschnitt pro ha an

	Reinasche	Kali	Kalk	Phosphorsäure
		Kilogramm		
bei Buchenlaubstreu	216	10,6	97,8	11,1
„ Fichtennadelstreu . . .	161	5,3	64,0	8,0
„ Kiefernadelstreu	49	5,1	18,4	4,1
„ Moos	135	22,0	19,3	10,3

Mit dem Entzug von Kalk und Kali ist, wie insbesondere Ramanns Untersuchungen gezeigt haben, eine Verschlechterung des Bodens durch Verminderung des Porenvolumens, Verdichtung, Zerstörung der Krümelstruktur, Verhärtung verbunden. Eine Entfernung der Bodendecke ist daher nur in Samenjahren rätlich.

§ 114. Die einzelnen Moosarten in ihrem Einfluß auf den Boden.

1. Der Einfluß der verschiedenen Moosarten[2]) auf den Boden ist noch nicht genügend untersucht[3]).

Die sog. Astmoose, vorherrschend Hypnumarten liegen dem Boden nur auf und lassen sich leicht abheben. Unter dem Moosrasen ist der Boden in der Regel humos und locker; manchmal findet sich jedoch eine Trockentorfschichte.

2. Anders die Haftmoose, hauptsächlich die Polytrichumarten. Sie senken ihre Wurzeln in den Boden ein. Dieser ist unter ihnen manch-

[1]) Mitt. der Österr. V.-A. II, 217.

[2]) Auf die einzelnen Arten kann nicht näher eingegangen werden. Nach Drude gibt es in Deutschland 700 Spezies. Die Moose sind, wie die höheren Pflanzen, vom Standort abhängig.

[3]) Die eingehendsten Untersuchungen rühren von Riegler her. Mitt. der Österr. V.-A II, 200 und Wollny, Forschungen 3, 80, 97.

mal naß und speckig, also ungünstig verändert. In der Regel treten die Polytrichumarten polster- oder teppichartig, selten flächenweise auf. Sogar unter dem geschlossenen Buchenbestande trifft man solche Polster. Die Bedingungen ihrer Vegetation sind nicht näher bekannt, scheinen aber nur an kleinen Stellen vorhanden zu sein. Versetzt man Polytrichumrasen auf lockeren und krümeligen Lehmboden (Versuchsgarten Großholz), so wird dieser in einigen Jahren in nassen und speckigen Boden umgewandelt.

3. Die Weiß- oder Sumpfmoose, Sphagnum- und Leucobryumarten, sind wasserspeichernd. Selbst im Hochsommer läßt sich aus Leucobryum, das auf relativ trockenem Boden vorkommt, Wasser durch Zusammendrücken auspressen. Sie treten auf nassem, kaltem Boden, auf Rohhumus in Polstern und Teppichen unter kleinen Waldlücken auf und breiten sich immer weiter aus, da der Boden rings um das Polster vom Moose mit Wasser infiltriert wird.

Auf Sümpfen und Mooren breiten sich die Sphagnumarten über weite Flächen hin aus. Nur wenige Pflanzen, wie Faulbaum, Birke, Weide vermögen in diesem Moose zu gedeihen, das manchmal Rasen bis zur Tiefe von 1 m bildet. Für die Verjüngung muß das Polster oft mit erheblichen Kosten entfernt werden. In Haufen aufgeschichtet leistet es 10 und mehr Jahre lang der Verwesung Widerstand.

4. Eine künstliche Verbreitung erfahren die Moose (Hypnum) bei der Aufforstung von Dünen (kurische Nehrung bei Memel). Durch das Moos wird der Boden feuchter und gegen die Angriffe des Windes geschützt. Von den einzelnen aufgelegten und befestigten Lappen verbreitet es sich rasch über größere Flächen.

§ 115. Die Beerkräuter und die Heide.

1. Die Lebensbedingungen des Heidelbeerkrautes (*Vaccinium myrtillus*) sind noch nicht genügend bekannt. Daß es im Nadelwalde seinen hauptsächlichsten Standort hat, ist nicht zweifelhaft. Daß es ferner einen lichten Bestand vorzuziehen scheint, mag bei der Unbestimmtheit dieser Bezeichnung auch zugegeben sein. Warum es aber in großen Fichtengebieten oft auf Hunderten von Hektaren fehlt, an anderen Stellen den Boden ganzer Bestände überzieht, ist nicht aufgeklärt. Auch das Auftreten der Heidelbeere im Buchenbestande, meist auf scharf umgrenzten kleineren Stellen bedarf noch weiteren Studiums.

Die Heidelbeere wird wohl von allen Botanikern als kalkscheu bezeichnet. Nach Ramann[1]) liebt sie lockeren Boden nicht. Andererseits bemerkt Schröter[2]), daß die Heidelbeere in den Alpen eine treue Begleiterin des Waldes sei, von den Kastanienwäldern des Südens

[1]) [3]460.
[2]) A. a. O. 176.

durch die Fichtenwälder bis zu den höchsten Vorposten der Lärchen- und Arvenwälder, auf allen geologischen Unterlagen; sie bilde häufig den Unterwuchs im Legföhrenbestand und im Grünerlengebüsche, wie übrigens auch in den Grau- und Schwarzerlenbeständen der Flußauen, der Vorberge und der Ebene; sie sei aber nicht absolut an den Schatten des Waldes gebunden; sie besiedle auch austrocknende, baumlose Hochmoore bis hinauf in die alpine Region und begleite die Ericaceenheide in ihren mannigfaltigen Varianten bis weit über die Baumgrenze (bis 2700 m). Sie sei mit den Ericaceen ein schlimmes, schwer zu bekämpfendes Unkraut, sie unterdrücke alles andere und verschlechtere den Boden durch Bildung eines unfruchtbaren Heidehumus. Bekämpft werde sie am radikalsten durch Ausreuten, das aber sehr gründlich geschehen müsse, sonst schlage sie wieder aus. Der Heidehumus müsse dann umgegraben, mit der mineralischen Unterlage gemischt, gedüngt und angesät werden.

Das Heidelbeerkraut bildet ein reich verzweigtes und verschlungenes Netz von Wurzeltrieben, die nur oberflächlich sich hinziehen, vielfach nur im Rohhumus wachsen und kaum in den Mineralboden eindringen. Zwischen diesen Trieben stellt sich eine Moosvegetation ein, Äste und Holzteile lagern sich dazwischen, so daß eine lockere, rohhumusartige Schichte sich über und zwischen den Wurzeln bildet. Unter dem Heidelbeerkraut tritt durch die Auslaugung der oberen Schichten, die niedere Temperatur und den Luftabschluß eine Verdichtung und Verschlechterung des Bodens ein.

Man sieht aber Föhren, Fichten, Tannen mitten im Heidelbeerteppich stehen, die angeflogen sind und die Heidelbeere überwachsen haben. Im geschlossenen Jungwuchs vermag sie sich nicht zu halten; sobald aber durch Schnee etc. kleine Lücken entstehen, tritt sie wieder auf.

2. Die Preißelbeere (*Vaccinium vitis idaea*) bildet nicht die zahlreichen Kriechtriebe, wie die Heidelbeere. Der Rohhumus, den sie bildet, ist nach Ramann[1]) dichter gelagert, oft verfilzt und nimmt viel leichter den Charakter des Trockentorfes an. „Die Veränderungen des Bodens sind auffälliger und ungünstiger als unter der Heidelbeere“. Nach Schröter[2]) hält sie sich in der alpinen Region an die Legföhren- und Alpenerlenbestände; in der Koniferenzone ist sie die Begleiterin der Birken-, Kiefern-, Fichten-, Lärchen- und Arvenwälder und besiedelt die Hochmoore. Sie tritt als alpwirtschaftlicher Schädling, als Weideunkraut auf, der ähnlich vertrieben wird, wie die anderen Ericaceen.

Die Ausrottung von Heidelbeere und Preißelbeere kann manchenorts durch Abgabe zu Streuzwecken erreicht werden. Sonst muß die Bestockung durch Graben großer Löcher und Pflanzung bewerkstelligt

[1]) [3]471.
[2]) 170.

werden. Der Ertrag an Heidel- und Preißelbeeren ist mit Zunahme der Bevölkerung in seinem Werte erheblich gestiegen.

3. Die Heide (*Calluna vulgaris*) hat durch Gräbner[1]) eine eingehende Bearbeitung, wenigstens für das norddeutsche Heidegebiet erfahren. Die seiner Schrift beigegebene Karte zeigt, daß die ausgedehnten Heidegebiete Schleswig-Holstein, dem nördlichen Hannover und Friesland angehören; an diese schließen sich die Heidegebiete von Holland und Belgien an. Von diesen eigentlichen Heidelandschaften, die Tausende von Hektaren umfassen, ist das Auftreten der Heide in den übrigen Waldgebieten zu trennen. Wo nicht Moorflächen ihre Ansiedlung begünstigen, ist sie auf kleine Flächen beschränkt. Oft sind es nur einige Quadratmeter, auf denen die Heide mitten im sonst heidelosen Walde auftritt. Die Art des Vorkommens der Heide weist auf die verschiedenen Bedingungen hin, denen sie an verschiedenen Orten unterworfen ist.

Gräbner faßt die Vegetationsbedingungen der Heidepflanzen Seite 142—144 zusammen. Sie wachsen auf ganz nassen Mooren, wie auf trockenen, sandigen Plätzen. Vollständiges Austrocknen des Bodens kann keine Heidepflanze ertragen. In der feuchten Gegend Norddeutschlands wächst die Heide offen; im kontinentalen Klima, gegen Süden und Osten, zieht sie sich in die Wälder zurück. Unbedingtes Erfordernis ist das Vorhandensein eines nährstoffarmen Substrates. Die Angaben über die Kalkfeindlichkeit der Heide sind irrtümlich; der Kalkboden ist zu nährstoffreich. Je feuchter die Luft und je höher die Niederschläge, um so intensiver wird die Heidebildung vor sich gehen. Sobald die Verdunstung stärker ist, als die Zufuhr, können weder Heide noch Heidemoor zu typischer Entwickelung gelangen. Die Heidepflanze wird 10—12 Jahre (nach Warming 20—30 Jahre) alt.

Schröter[2]) stimmt im allgemeinen mit Gräbner überein. Im Süden begleitet die Heide den Kastanienwald; findet sich im Buchenhochwalde dort vor, wo sich Rohhumus bildet und kann schließlich die Buche verdrängen. Im Nadelwald des Gebirges wuchert sie im Verein mit anderen Ericaceen im Fichten-, Lärchen- und Arvenwald.

Ob die Heide durch die Entwaldung künstlich eingeführt oder ob sie eine ursprüngliche Formation sei, ist eine unentschiedene Streitfrage; die meisten Botaniker verteidigen das letztere.

Alpwirtschaftlich ist Calluna eines der schädlichsten Unkräuter; es überwuchert weite Flächen und verschlechtert den Boden durch Bildung von saurem Humus. Als Bekämpfungsmittel nennt Stebler[3]) Düngung. Nach Düngung mit Mist und häufigerem Mähen verschwand

[1]) Die Heide Norddeutschlands. 1901. Die umfangreiche Literatur ist verzeichnet Seite 1—12.

[2]) A. a. O. 145.

[3]) Landw. Jahrb. der Schweiz. 1887, 145.

das Heidekraut völlig. Auch eine Düngung mit Thomasmehl und Kainit sowie mit Kalisuperphosphat vertreibt das Heidekraut völlig. (In Holland werden ausgedehnte Heideflächen gedüngt und aufgeforstet; s. unten bei Düngung.)

Die Heide bildet einen dichten Filz von Wurzeln, unter und zwischen dem sich Trockentorf ausbildet. Dieser ist schwarz und speckig. Der Boden unter der Heide ist dicht gelagert und wird durch die Einwirkung des Trockentorfs ausgelaugt und umgebildet (Bleichsand, Ortstein). Wo der Boden undurchlässig geworden ist, wird er versumpft. Zwischen der Heide siedeln sich Sumpf- und Torfmoose an.

Die Entfernung der Heide vor der Kultivierung ist sehr kostspielig; sie wird daher meistens nur streifenweise vorgenommen. In Holland wird die Heidefläche umgepflügt und vor der Aufforstung einige Jahre als Acker, Wiese oder Weide benützt.

In manchen Gegenden wird die Heide mit dem Rasen durch „Plaggenhieb“ genutzt. Wieviel dadurch dem Waldboden an Nährstoffen entzogen wird, hat Immendorf[1]) untersucht.

Er nimmt an, daß die Heide alle 15 Jahre abgemäht werden könne. In 100 Jahren werden durch 6 Ernten entzogen pro 1 ha:

	Stickstoff	Kalk	Kali	Phosphorsäure
			kg	
Auf Sandboden	1078	436	320	135
„ Moorboden . . .	1200	535	204	115

„Die an sich meist recht armen Heideflächen müssen an den wichtigsten Nährstoffen verhältnismäßig schnell verarmen“

Über den Ertrag an Heide schwanken die Angaben zwischen weiten Grenzen; zwischen 18000 und 40000 kg[2]) pro ha (die Angaben über den Trockenheitsgrad sind sehr unbestimmt).

Immendorf hat die Heide auf je 10 qm abmähen lassen. Auf 1 ha berechnet waren vorhanden:

	Sandheide	Moorheide
frische Masse	32 500 kg	48 750 kg
trockene Masse . . .	20 858 „	21 231 „
davon sind:		
trockene Pflanzen .	18 222 „	
humoser Sand . . .	2 636 „	

§ 116. Die Gräser und Unkräuter.

1. Durch die Gräser wird den Holzpflanzen Licht, Wasser und mineralische Nahrung entzogen; der Boden wird unter dem Rasen kälter und weniger durchlüftet. Je nach dem Wurzelbau der verschiedenen Arten

[1]) Dankelmann, Ablösung und Regelung der Waldgrundgerechtigkeiten. 1888. II, 344.

[2]) Zbl. f. Agrch. 28, 649 (1899).

kann eine Lockerung des Bodens stattfinden. Die Dichtigkeit der Bestockung und die Entwickelung der Stengel rufen Änderung im Lichtentzug hervor, so daß der Grad der Schädlichkeit verschieden ist.

Die Verbreitung der einzelnen Arten muß an der Hand von Spezialwerken über die Flora einer Gegend studiert werden. Der Boden und das Klima wirken entscheidend auf das Vorkommen und das Überwiegen der einen oder anderen Arten ein. Jedes Waldgebiet hat Arten, die als besonders lästig und schädlich gefürchtet sind.

Die Unkrautflora einer Gegend kann heute leicht bestimmt werden, da weite Gebiete botanisch vollständig durchforscht sind[1]).

2. Das Porenvolumen in stark graswüchsigem Boden des norddeutschen Landes beträgt nach Ramann[2]) 52,14 Vol. %; unter Buchenmull dagegen 59, unter Adlerfarn 57—59, unter Heidelbeere 53, unter Astmoosen 51, unter Heidelbeere mit Rohhumus, unter Astmoosen, trockenen Gräsern mit Rohhumus 50 %.

3. Ramann[3]) hebt hervor, daß einzelne Gräser, wie die Drahtschmiele (*Aira flexuosa*) als Zersetzer des Trockentorfs und Torfs besondere Wichtigkeit haben.

4. Zur Befestigung von Böschungen, Einschnitten, Rutschflächen dienen Grasmischungen. Der Hauptzweck, die Befestigung der Böschung, wird durch eine hohe Pflanzenzahl erreicht, deren Beschaffung aber teuer ist. Neben der teuren Quecke, *Triticum repens*, kommt auf Lehm- und Tonboden die tiefwurzelnde Luzerne in Betracht, die trockene Perioden überdauert. Auf trockenem Kalkboden ist die Esparsette vorzuziehen. Verschiedene Mischungen mit den beigesetzten Preisen gibt Wittmack[4]) an; die billigsten kosten pro ha 30 *M*, die teuereren 40 *M*.

5. Von hoher Bedeutung ist der Sandhafer, *Ammophila arenaria*, weil er zur Befestigung des Flugsandes und der Dünen geeignet ist. Er wächst oben immer weiter, wenn er vom Dünensande überweht wird. Neben dem Sandhafer wird der Strandroggen, *Elymus arenarius*, zur Bindung des Flugsandes angebaut.

6. Der Graswuchs wird als ein Haupthindernis der natürlichen Verjüngung bezeichnet. Wo dichter Graswuchs herrscht, pflegen Keimlinge und junge Pflanzen spärlich aufzutreten oder auch ganz zu fehlen. Ob die Samen im Grase überhaupt nicht an den Boden gelangen, oder ob der Same keimt und die Keimlinge und jungen Pflanzen wieder zugrunde gehen, wie dieser Vorgang bei kleinen und großen Samen sich

---

[1]) Meister hat die Sihlwaldflora in einem besonderen Herbarium zusammengestellt und im einzelnen nachgewiesen in „Die Stadtwaldungen von Zürich" [2]26—33.

[2]) [3]478.

[3]) [3]476.

[4]) Grundlehren der Kulturtechnik. [4]I, 1. Seite 412.

gestaltet, ist näher nicht bekannt. Versuche, die bei Tübingen seit 1910 im Gange sind. sollten genaueren Einblick in diese Verhältnisse eröffnen.

Im Lehmboden des Versuchsgartens wurden je vier Beete von 1 qm unmittelbar nebeneinander angelegt. Nr. 1 war gartenmäßig hergerichtet; Nr. 2 desgleichen; mit dem Holzsamen wurde gleichzeitig Grassamen eingesät; Nr. 3 desgleichen; es erhielt eine Moosdecke; Nr. 4 desgleichen; es wurde mit einem in der Nähe abgehobenen Grasrasen bedeckt. Sämtliche Beete wurden am 16. April 1910 angesät mit Samen von Fichten. Tannen, Föhren, Lärchen, Buchen, Stieleichen, Bergahorn, Birken. Seitdem wurden über die Keimung und Entwickelung regelmäßige Aufschriebe gemacht.

Der Grassamen keimte am 30. April, nur im Tannen-, Buchen- und Birkenbeet erst am 6. Mai (Grund nicht ersichtlich). Die Keimung der Holzsamen erfolgte unregelmäßig und später als diejenige des Grassamens.

Saat: 16. April, Keimung am . . . 1910.

	Reines Beet	Beet mit Grassamen	Beet mit Moos	Beet mit Grasrasen
Fichten . . .	17. Mai	17. Mai	1. Juni	17. Mai
Tannen . . .	17. „	20. „		1. Juni
Föhren . . .	17. „	17. „	13. Mai	17. Mai
Lärchen . .	14. „	14. „	1. Juni	17. „
Buchen . . .	17. „	17. „	—	—
Stieleichen .	4. Juni	4. Juni	—	—
Bergahorn .	28. Mai	1. „	—	1. Juni
Birken . . .	27. „	27. Mai	1. Juni	27. Mai

Keimlinge erschienen auf allen Beeten; nur die größeren Samen. Tanne, Buche, Eiche, Ahorn keimten im Moos und auf dem Rasen nicht. Die reinen Beete waren meistens dicht bestockt; auf den übrigen waren nur wenige (1—40) Keimlinge vorhanden. Diese starben größtenteils teils schon 1910, teils 1911 ab. Erhalten haben sich nur einige Pflanzen von Tanne (Rasen), Föhre, Lärche (Moos), Buche, Eiche (Grassamen), Bergahorn (Grassamen und Rasen). Das beste Wachstum ist auf dem reinen Beete eingetreten; auf den Grasbeeten ragen die Pflanzen nur wenig über das Gras hervor. Die Vergleichung der Beete läßt die Unterschiede deutlicher hervortreten, als Zahlen. Doch mögen einige Maximalwerte mitgeteilt werden.

Maximum der Höhe der 4 jährigen Pflanzen cm

	reines Beet	Beet mit Gras
Tanne	26	12
Föhre	33	25
Lärche (1912)	47	4
Buche	56	26
Eiche	85	17
Bergahorn	73	15

Graswuchs bringt die meisten Keimlinge zum Absterben und hält das Wachstum der überlebenden sehr bedeutend zurück. Der Unterschied wird in den nächsten Jahren immer schroffer werden. Am wenigsten Schaden erlitten: Buchen, Eichen, Bergahorn.

7. Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß das Wachstum des Grases je nach der Bodenart verschieden ist. Wie unter sonst gleichen Verhältnissen die verschiedenen Bodenarten den Graswuchs beeinflussen, ist im Versuchsgarten Großholz untersucht worden. Die unten angeführten Bodenarten sind in ebenen, offen liegenden Beeten eingefüllt und mit einer Mischung von Grasarten und Klee angesät worden. In den tonigen Bodenarten des braunen Jura gewann das Gras die Oberhand; in allen übrigen herrscht der tiefwurzelnde Klee vor. Bei den geringen Niederschlägen (6—700 mm) ist das Gras vielfach dürr geworden.

Die Bodenarten sind nach der Graswüchsigkeit, die sich aus der Dichtigkeit und Üppigkeit des Rasens ergibt, geordnet.

Reihenfolge nach der Graswüchsigkeit	Maximale Höhe cm des Grases	des Klees
1. Brauner Jura α	55	58
2. „ „	55	52
3. Buntsand	42	58
4. Rotliegendes	26	53
5. Gneis	25	63
6. Muschelkalk	25	38
7. Granit	15	54
8. Weißer Jura ζ kalkig . . .	20	35
9. „ „ „ tonig . . .	18	43
10. „ „ ε sandig . .	10	5

8. Im Versuchsgarten Adlisberg bei Zürich habe ich in Verbindung mit Stebler[1]) und Schröter Grassaaten auf verschiedenen Bodenarten, nämlich lehmigem Ton-, Kalk-, Sand- und Humusboden ausgeführt. Angesät wurde eine Grasmischung von 24 Arten; die meisten derselben waren mit 4 % (nur 4 Arten mit 5 %) an der Mischung beteiligt.

Der durchschnittliche Ertrag auf den einzelnen Bodenarten ist folgender:

Durchschnittl. Ertrag per Beet in kg grün gewogen	Ton	Kalk	Sand	Humus
I. Schnitt	7,22	6,42	4,57	3,68
II. Schnitt	5,62	5,09	3,27	2,52
Gesamtertrag	12,84	11,51	7,84	6,20

Die Reihenfolge der Bodenarten nach dem Ertrag bezw. der Graswüchsigkeit ist also: Ton, Kalk, Sand, Humus; Ton liefert die höchsten, Humus die kleinsten Erträge.

[1]) Bericht über die Ergebnisse erstatten Stebler und Schröter in Mitt. der Schweiz. V.-A. I, 27.

Die Bodenarten waren an den 4 Hauptexpositionen eingelegt, um den Einfluß der Exposition auf den Graswuchs ermitteln zu können. Endlich hatten die Beete eine verschiedene Neigung: 10°, 20°, 30°, 40°.

Im Totalertrag weist der Ton unter den 16 Beeten jeder Exposition das beste Resultat auf. Ebenso hat der Ton unter den 16 Beeten gleicher Neigung jeweilen das beste.

Die Ergebnisse des Versuchs werden von Stebler und Schröter kurz zusammengefaßt; ich teile sie mit, weil sie auf manche unerklärte Erscheinung im Walde Licht werfen und zu weiteren Beobachtungen anregen.

1) Die gleiche Samenmischung von Gräsern und Kleearten, welche auf verschiedenen Bodenarten, in verschiedenen Himmelslagen und Neigungen angesät wird, gibt nicht nur einen verschieden großen Ertrag, wie vorauszusehen war, sondern erzeugt auch eine in ihrer botanischen Zusammensetzung sehr stark wechselnde Rasennarbe. In keinem der 64 Einzelfälle entspricht der Anteil der einzelnen Arten am Rasen dem von jeder Samenart ausgesäten Saatquantum.

Die Mischung war so berechnet, daß alle 25 Arten gleichmäßig vertreten waren. Nur zehn derselben, nämlich die sechs Papilionaceen, die drei Raigräser und der Wiesenschwingel beteiligten sich im zweiten Jahr in erheblicher Menge am Rasen. Bei gleichmäßiger Entwicklung hätte also nach der gleichmäßigen Ansaat jede der zehn Arten $^1/_{10}$ des Bestandes bilden sollen. Bei keinem der 64 Beete finden sich aber alle in gleichem Prozentsatz. Die herrschende Art macht mindestens 20 % des Bestandes aus, statt nur 10 %, im Maximum aber 70 %.

2) Die Zahl der aus den gesäten keimfähigen Samen einer Art hervorgegangenen und im zweiten Entwicklungsjahr noch vorhandenen Individuen ist bei den meisten Arten eine sehr geringe und wechselt bei dem sehr dichten Stande zwischen 0 % und 76 %.

3) Auf dem Kalk dominieren die Kleearten sehr stark (¾ gegen ¼ Gräser), auf dem Ton etwas weniger; auf Sand und Humus treten dagegen die Gräser etwas hervor.

4) Am fruchtbarsten für unsere Grasmischung erwies sich der Ton, dann Kalk, schlechter der Sand und am ertragsärmsten der Humus — eine zahlenmäßige Bestätigung längst eingebürgerter Erfahrungen der Praxis.

5) Die stärksten Differenzen in Quantität und Zusammensetzung des Rasens ergeben sich durch den Einfluß der vier Bodenarten; schwächer wirkt die Himmelslage und noch schwächer die Neigung.

Alle vier Bodenarten zeigen ihren größten Ertrag in Ostlage, den zweitgrößten in Südlage, den geringsten in Nord- und Westlage (nur bei Humus ist Süd durch Zufälligkeiten am schlechtesten).

9. Für das Wachstum des Grases ist ein bestimmter Lichtgrad im Walde nötig. An Wegrändern, an kahlen Stellen tritt er am üppigsten

auf. Unter den Kronen des dicht geschlossenen Bestandes von Fichte und Tanne treffen wir selten Graswuchs; im Laubholze, sowie unter Föhren und Lärchen finden wir ihn selbst bei dichtem Schlusse, z. B. der Buchen. Von Gras ist der Boden überzogen regelmäßig unter Eichen, Eschen, Erlen etc.

Durchforstungen und Lichtungen rufen ihn manchmal in kurzer Zeit hervor.

Besondere Versuche im Staatswald Großholz sollten über die Bedingungen des Graswuchses bei verschiedenen Lichtgraden Aufschluß geben.

Die Beete wurden umgegraben, gartenmäßig hergerichtet und mit einer Grassamenmischung angesät.

Bestand	Gras-Saat ausgeführt am	Keimung	Weitere Entwickelung
15jährige Tannen (Lichtversuch 1). Dichter Schluß.	3. Mai 1904	20. Mai vollständig und dicht	Am 15. Juni, 2. Juli, 6. Juli sehr dünn und schwach, 6. Aug. ganz abgestorben und verschwunden.
40jährige Tannen (Lichtversuch 3). Dichter Schluß.	3. Mai 1904	25. Mai vollständig	
Beet 10.			9. Juli noch bestockt, aber lichter geworden. 3. Okt. Beet fast kahl.
Beet 46.	3. Mai 1904	,,	16. Sept. ,, ,, ,,
,, 80.	3. ,, 1904	,,	16. ,, ,, ,, ,,
,, 83. (licht geschlossen)	3. ,, 1904	,,	12. Juni 1906 Beet kahl.

Bei dichtem Schluß bleibt das Gras 4—5 Monate am Leben; wo der Schluß etwas lichter ist, dauert es schon zwei Jahre aus.

Bestand	Saat ausgeführt am	Keimung	Weitere Entwickelung
100jährige Buchen Lichtversuch 5. Dichter Schluß.	3. Mai 1904	27. Mai vollständig.	5. Okt. 1904 noch die Hälfte da, 10. Dez. 1913 licht bestockt, etwa die Hälfte noch da.
Lichtversuch 6. Oben geschlossen. Südlicht fällt ein.	3. Mai 1904	17. Mai schön und dicht.	10. Dez. 1913 dünn und mager, größtenteils dürr, nur einzelne Grasbüschel.
Lichtversuch 8. Oben geschlossen. Nordlicht fällt ein.	3. Mai 1904	17. Mai einzeln, 31. Mai vollständig.	12. Juni 1908 mager und plattig, 10. Dez. 1913 nur noch einzelne Büschel.
Lichtversuch 4. Lücke in 100jährigen Buchen.	3. Mai 1904	wie bei 8.	12.Okt. 1911 noch dicht bestockt, 10. Dez. 1913 licht und lückig, besser als 6., 7., 8.

Im Laubholz, sogar bei vollem Schlusse (Lichtversuch 5), ist nach 10 Jahren etwa die Hälfte der ursprünglichen dichten Bestockung noch vorhanden.

10. Der Graswuchs im Bestande ist eine von mehreren Faktoren abhängige Erscheinung. Ausschlaggebend ist, wie aus allen Untersuchungen hervorgeht, der Boden. Begünstigt wird der Graswuchs durch die Feuchtigkeit; je lichter der Bestand ist, um so größere Niederschlagsmengen gelangen zum Boden. Wenn unter dem dicht geschlossenen Nadelholz kein Graswuchs möglich ist, so rührt dies vom Mangel an Licht und zugleich von der geringeren Feuchtigkeit her. Auch die Neigung gegen die Himmelsrichtung wirkt auf den Graswuchs ein. Da diese Faktoren im Walde in der verschiedensten Weise zusammenwirken, so erklärt sich das abwechslungsreiche Bild der Begrasung und Verrasung, das uns in den verschiedenen Waldgebieten entgegentritt.

§ 117. Stauden und Bäume.

1. Stauden, Sträucher, Gebüsche aller Art wirken auf den Boden ein durch Abhaltung der Sonnenstrahlen und des Windes. Dadurch wird die Feuchtigkeit und Struktur des Bodens verändert. Je exponierter die Lage, je trockener der Boden und je niederschlagsärmer eine Gegend ist, um so wichtiger ist die schützende Wirkung der Sträucher. Wacholder, Schwarz- und Weißdorn, Weiden, Faulbaum, Maßholder, Aspen, Stockausschläge verschiedener Holzarten, einzelstehende Föhren (Kusseln) werden bei Aufforstungen kahler Flächen zweckmäßig zunächst belassen. Im Hochgebirge dienen sogar die Stöcke alter Bäume als Schutzmittel, da hinter ihnen die Pflanzen besser gedeihen, als im vollständig freien Stande.

2. Die Einwirkungen der Baumholzarten auf den Boden sind im einzelnen bereits zur Genüge besprochen worden.

Eine Erscheinung im Walde bedarf aber noch der Aufklärung: der von der Natur hervorgerufene Wechsel der Holzart auf demselben Boden. Unter Föhren siedeln sich Fichten, Buchen, Eichen; unterBuchen Fichten und Tannen, Ahorn, Eschen; unter Fichten Tannen und Buchen an.

Soweit hiebei der Boden — neben der Lichteinwirkung, dem Schattenertragen, der Regenmenge, der Samenbildung etc. — in Betracht kommt, wird angenommen, daß der Boden den fremden Holzarten bessere Bedingungen biete, als denjenigen, die vorhanden ist. Ramann[1]) dagegen meint, die Fichte sei ein Beispiel dafür, daß die Umbildung des Bodens unter einem geschlossenen Pflanzenbestand sich in der Richtung bewege, den Standort der Art dauernd zu erhalten.

---

[1]) ^{3}466.

Für diese Auffassung sprechen die natürlichen Verjüngungen der Buche, Tanne, Fichte, auch der Eiche, Esche und Erle. Am leichtesten sind diese Beobachtungen nach reichen Samenjahren zu machen.

Da hier zu viele Faktoren zusammenwirken, kann durch die einfache Beobachtung die Erscheinung nicht erklärt werden. Es ist vorläufig unentschieden, ob man von einem buchenmüden, fichtenmüden etc. Boden reden kann. Besondere Versuche über diese Frage sind aber sehr schwierig auszuführen.

VIII. Charakteristik der Hauptbodenarten.

118. Die praktischen Gesichtspunkte.

1. „Guter Waldboden“ soll warm, locker, humos und feucht sein. Der Gehalt an mineralischen Nährstoffen tritt gegenüber den physikalischen Eigenschaften zurück. Nur für junge Pflanzen sind die chemischen Eigenschaften von größerer Bedeutung.

2. Der Boden ist verschieden zu beurteilen, je nachdem er kahl oder mit Bäumen bestockt ist. Der kahle Zustand bildet die Ausnahme, außer es wären große Kahlflächen aufzuforsten (Flugsand, Moore und Heiden, Schutthalden im Gebirge).

3. Da die Bearbeitung des Bodens im Walde selten vorkommt, ist der Bodenzustand hauptsächlich von der Bewirtschaftung und Behandlung der Bestände abhängig.

4. Im einzelnen Falle ist für die Beurteilung der Bodeneigenschaften stets das Klima heranzuziehen.

5. In literarischer Beziehung ist auf Ramann, Fleischer und Grebe besonders hinzuweisen. Ramann hat die theoretische, Grebe die praktische Seite der in Betracht kommenden Fragen am gründlichsten durchgearbeitet. Fleischer hebt mehr die kulturtechnischen Gesichtspunkte hervor.

119. Die einzelnen Bodenarten.

I. Steinböden.

1. Der Steingehalt vermehrt die Lockerheit und befördert das Versinken des Wassers. In tonigen Lagen wird er also günstig, in sandigen stets ungünstig wirken.

2. Die herumliegenden Steine verhindern das Austrocknen des Bodens. Sie wirken um so günstiger, je durchlassender der Boden und je niederschlagsärmer die Gegend ist.

3. Kies- und Geröllschichten im Untergrunde begünstigen das Versickern des Wassers und erschweren das kapillare Aufsteigen. Der Obergrund wird um so mehr austrocknen, je flacher die Bodenschichte ist.

4. Freigelegt überzieht sich der Steinboden leicht mit Heide und Heidelbeere, die eine Vegetation von Waldbäumen fast unmöglich machen.

5. An großen Fels- und Schutthalden erwärmen sich die offen liegenden Steine sehr stark, was die Austrocknung der obersten Schichte befördert.

6. Andererseits gewähren sie den jungen Pflanzen Schutz gegen Sonne, Abschwemmen, Abgleiten des Schnees, Weidevieh.

7. Je nach dem Muttergestein wird der mineralische Nährstoffgehalt schwanken. Im allgemeinen werden diese Böden aber zu den mineralstoffreichen gehören.

Praktisch wird auf die Beschattung der Steinböden hinzuwirken sein. Sie freizulegen ist immer gefährlich, weil das Moos auf den Steinen vertrocknet und die Erde abgeschwemmt wird. Auf beschatteten Steinblöcken erwachsen im Gebirge 18, selbst 20 m hohe Fichten. Wo die Erdkrume gering ist, muß man von den in die Spalten eingeschwemmten Erd- und Humuslagen die Wiederbestockung erwarten und die Bildung von Absenkern herbeizuführen suchen.

II. Sandböden.

1. Die Sandböden sind je nach der geologischen Abstammung sehr verschieden. Der Sand ist meistens Quarzsand mit Körnern verschiedener Größe. Der Gehalt an Mineralstoffen ist gering. Er steigt mit Zunahme der tonigen und humosen Bestandteile; sehr vorteilhaft wirkt Kalkbeimischung. Zum Anbau eignen sich nur die anspruchsloseren Holzarten: Föhre, Birke.

2. Der Sandboden ist locker gelagert. Das Wasser dringt leicht ein. Die Durchlüftung ist bis in größere Tiefen sehr erleichtert.

3. Der Sand erwärmt sich rasch und kühlt sich rasch ab.

4. Das Wasser sinkt rasch in die Tiefe, aus der es bei den weiten Räumen zwischen den Körnern kapillar nicht hoch steigt. Aus diesen Gründen muß der Sand dem Austrocknen leicht ausgesetzt sein, außer wenn das Grundwasser bald erreicht wird.

5. Es findet leicht ein Auswaschen der Nährstoffe statt (geringe Absorption).

6. Bei der starken Erwärmung geht die Verwesung des Humus rasch vor sich. Die absorbierende Eigenschaft des Humus geht also bald verloren.

7. Bei Bloßliegen verschwindet ferner die Krümelstruktur und tritt dichte Einzellagerung ein.

Die unter 5—7 genannten Veränderungen des Bodens pflegt man mit Aushagerung zu bezeichnen.

8. Rohhumus sammelt sich leicht auf Sandboden an, weil er dicht gelagert ist und den Bakterien zu wenig Nährstoffe bietet.

9. Der Entzug der Laub- und Nadelstreu führt zu mineralischer Verarmung, das Bloßliegen zur Austrocknung und Auswaschung. Daher kann Bodenschutzholz als Schutz gegen beide ungünstige Einflüsse dienen, wo der Bestandesschluß ungenügend ist.

10. Die natürliche Verjüngung ist wegen der Nährstoffarmut und Trockenheit erschwert, da die Keimlinge leicht absterben. Rasches Lichten bringt Zufuhr von Wasser und Stickstoff.

11. Die Bewurzelung ist reich und tiefgehend; dies trifft auch für das Unkraut zu.

12. Ballenpflanzen sind kaum zu gewinnen, weil der Boden zu leicht abfällt.

13. Die Bearbeitung des Bodens ist sehr erleichtert.

14. Das Wachstum auf dem Sandboden ist gering, außer wenn das Grundwasser oder nährstoffreicherer Untergrund von den Wurzeln erreicht werden kann. Die Kronenbildung ist schwach, die Beastung und Benadelung dünn. Die Beschattung des Bodens ist daher schwach, was zu Unkrautwuchs und Verwilderung des Bodens führt.

15. Humusbeimischung wirkt sehr günstig und befördert die Krümelbildung. Die humosen Sande zeigen ein mittleres, selbst gutes Wachstum.

III. Tonböden.

1. Sie sind nährstoffreich. Die absorbierende Kraft ist bedeutend und übertrifft diejenige des Humus.

2. Ein Auswaschen der Nährstoffe findet nicht statt.

3. Durch Humusbeimischung wird die Fruchtbarkeit sehr gesteigert, ebenso durch Kalkbeimischung. Durch beide wird die Krümelbildung begünstigt. Humose und kalkhaltige Tonböden gehören zu den fruchtbarsten Böden überhaupt.

4. Tonböden nehmen sehr viel Wasser auf, so daß sie undurchlässig für Wasser werden.

5. Durch den Wassergehalt werden sie kalt,

6. schwer bearbeitbar und

7. schwer durchlüftbar.

8. Sie neigen zum Verschlämmen und zur Krustenbildung; daher muß die Bodendecke als Schutz belassen werden.

9. Das Austrocknen geht langsam vor sich. Dauert es längere Zeit hindurch an, so werden die Tonböden fest und rissig, können sogar ganz unfruchtbar werden.

10. Die Zersetzung der humosen Stoffe geht wegen der niederen Temperatur langsam vor sich; es entsteht leicht Rohhumus oder Trockentorf.

11. Am günstigsten gestaltet sich der Bodenzustand, wenn der Untergrund durchlässig ist.

12. Das Keimen der Samen und das Jugendwachstum der Pflanzen wird verlangsamt.

13. Die Bewurzelung ist oberflächlich.

14. Das Unkraut ist dünner bestockt, wurzelt nicht tief. Schachtelhalme, die sich leicht ansiedeln, durchwachsen den Boden; durch die hohlen Wurzeln derselben wird das Wasser abgeleitet.

15. Der Tonboden liefert gute Pflanzen und läßt das Ausheben von Ballenpflanzen zu.

16. Die Bestände bleiben bis ins höhere Alter geschlossen. Durch den Kronenschluß und die Bodendecke wird der Bodenzustand günstig beeinflußt (leichte Ansamung). Die gute Bodenverfassung erhält sich länger als auf Sand und Kalk.

17. Im kahlen Zustande ist der Tonboden in hohem Grade von den Witterungsverhältnissen abhängig. Seine Kultivierung ist schwierig und unsicher.

IV. Lehmböden.

1. Der Lehmboden vereinigt die Vorteile des Ton- und Sandbodens. Je nach dem Ton- oder Sandgehalt treten die Eigenschaften des Tons oder Sandes mehr hervor. Am günstigsten verhält sich der milde Lehmboden.

2. Er ist fruchtbar wegen der hohen Absorptionskraft und der geringen Gefahr des Auswaschens.

3. Er ist locker, krümelig, leicht durchlüftbar, für die Pflanzenwurzeln leicht durchdringbar. Die Gefahr des Verschlämmens ist um so größer, je höher der Tongehalt ist (strenger Lehm). Kalkgehalt befördert die Lockerung und Krümelung.

4. Er ist frisch bis feucht; trocknet nicht stark aus, außer wenn Krustenbildung eintritt.

5. Er begünstigt die Zersetzung der humosen Stoffe.

V. Kalkböden.

1. Der Kalkgehalt ist in vielen aus Kalkgestein hervorgegangenen Böden nicht bedeutend, nur in hellen Böden ist er erheblicher. Vielfach ist hoher Tongehalt vorhanden, was die Fruchtbarkeit erhöht; sandige Beimischungen sind weniger günstig. Durch großen Gehalt an Magnesia entstehen die Dolomitböden, durch hohen Tongehalt die Mergelböden.

2. Der Kalkboden ist locker, leicht durchlüftbar; infolgedessen tätig („zehrt“). Die Zersetzung der humosen Stoffe geht im allgemeinen rasch vor sich; die Gefahr der Aushagerung bei Freistellung ist daher groß.

3. Er ist durchlässig und trocknet leicht aus; ausgetrocknet nimmt er das Wasser schwer auf. Die unterliegenden Schichten üben einen starken Einfluß auf die Vegetation aus.

4. Ton- und Lehmböden auf Kalk sind sehr fruchtbar, ebenso Kalkböden, die auf Lehm und Ton lagern.

5. Die natürliche Empfänglichkeit für Besamung stellt sich bei Schluß und genügender Feuchtigkeit leicht ein. Die Keimung geht rasch vor sich; die Trockenheit wird Keimlingen und jungen Pflanzen gefährlich.

6. Kalkboden darf der Sonne nicht lange ausgesetzt sein. Durch Beschattung kann er feucht erhalten werden.

VI. Staubböden.

1. In jüngeren Formationen finden sich bald in großen, bald in kleinen Nestern Ablagerung von feinem Sand mit staubförmigem Ton und Lehm: Flottsand, Flottlehm, Löß, Letten.

2. Charakteristisch ist die Einzelkornstruktur und

3. der meist hohe Wassergehalt, wodurch diese Böden — außer dem porösen und durchlässigen Löß — mehr die Eigenschaften der Tonböden annehmen.

VII. Humusböden.

1. Sand-, Lehm-, Ton- und Kalkböden, die vom eingelagerten Humus stark dunkelgefärbt sind oder eine aufgelagerte Humusschicht zeigen, pflegt man Humusböden zu nennen.

2. Der Humus befördert die Krümelbildung und

3. die Durchlüftbarkeit,

4. ebenso die Erwärmungsfähigkeit.

5. Humusböden sind mit Stickstoff angereichert.

6. Das leichte Auffrieren ist ein Nachteil der Humusböden.

7. Bei niedriger Temperatur und mangelhafter Durchlüftung neigen sie zur Trockentorfbildung.

8. „Anmoorige“ Böden bilden eine Zwischenstufe zwischen Humus und Moor. Torfbildung ist noch nicht eingetreten. Der Gehalt an organischer Masse ist hoch, an Mineralstoffen gering. Der Wassergehalt ist gering. Vielfach sind anmoorige Böden sauer.

VIII. Moorböden.

1. Der Moorboden besteht fast nur aus organischer Substanz. Der Gehalt an mineralischen Nährstoffen ist sehr gering.

2. Der Wassergehalt ist sehr hoch. Dieser hängt hauptsächlich von der geographischen Lage ab. Norddeutsche Moore erhalten 6 bis 700, süddeutsche 1000—2000 mm Niederschlag.

3. Der Moorboden ist wegen des hohen Wassergehaltes kalt.

4. Er erwärmt sich langsam. Das Auffrieren bildet einen Hauptnachteil der Moorböden.

5. Beim Austrocknen erleidet er eine sehr starke Verkleinerung des Volumens.

6. Die Entwässerung, die vor der Kultivierung unerläßlich ist, muß vorsichtig durchgeführt werden, damit die obersten Schichten nicht allzusehr austrocknen.

7. Die Niederungsmoore enthalten mehr Kalk, Stickstoff und Phosphorsäure, als die Hochmoore. Übergangsmoore nehmen eine Zwischenstellung ein.

8. Das „Brennen“ führt eine leichtere Löslichkeit der Mineralstoffe herbei.

9. Hohe Ausgaben für die Holzpflanzung lohnen sich nicht. Die Entwässerung allein kann schon sehr hoch zu stehen kommen. Vermischung mit Sand oder Kalk und starke Düngung ist nur für landwirtschaftliche Kulturen zu empfehlen. Der Moorboden liefert ausgezeichnete Wiesen und Weiden, auch Äcker; er wird vorteilhafter landwirtschaftlich bebaut, wenn nicht die Anzucht von Weiden, Zierhölzern, Christbäumen sich wegen des leichten Absatzes empfiehlt.

D. Zusammenfassung.

§ 120. I. Die Standortsbeschreibung.

1. In den älteren Wirtschaftsplänen ist der Standortsbeschreibung ein großer Raum zugewiesen worden. Die sog. Waldbeschreibung gab für den ganzen Besitz, wie für jeden Waldteil jede wünschenswerte Auskunft. Diese Beschreibung mußte nicht mit jeder Revision des Wirtschaftsplanes neu gemacht werden, da ja nur geringe Änderungen in kurzen Zeiträumen einzutreten pflegen. Die Bestandesbeschreibung, die in der Waldbeschreibung mitenthalten ist, erfordert dagegen öftere Erneuerung. Es ist aber eine Trennung von Standorts- und von Bestandesbeschreibung leicht durchzuführen.

2. Die Standortsbeschreibung soll alle Besonderheiten der einzelnen Waldteile enthalten, welche für die Bewirtschaftung irgendwie von Bedeutung sind.

Solche Aufnahmen werden bei der Anlage von Versuchsflächen regelmäßig gemacht. Sie sind für die Beurteilung jeder einzelnen Versuchsfläche nach Wachstum und Behandlung eine unerläßliche Grundlage. Dasselbe gilt auch für die praktische Wirtschaft, die auf den natürlichen Verhältnissen aufgebaut werden muß. Je genauer diese erforscht und in ihrer Bedeutung und Wirkung erkannt sind, um so rationeller wird die Wirtschaft eingerichtet werden können. Die Fehler in der Waldbehandlung werden erheblich vermindert, wenn der Wirtschafter zu einem genauen Studium der Verhältnisse gezwungen ist. Auf letzteres ist der Nachdruck zu legen. Eine oberflächliche Beschreibung des Standorts wird allerdings von geringem Nutzen sein[1]).

[1]) Vergl. Leistner, Die Standortsuntersuchung beim forstl. Versuchswesen. 1912. Sonderabdr. aus F. u. J.-Ztg. 1912. Heft 1, 2.

Die Bestandesbeschreibung ist neben der Standortsbeschreibung deshalb nötig, weil der Bestand auf den Standort einwirkt (Feuchtigkeit, Graswuchs etc.).

3. Das Formular für die Standortsbeschreibung, wie es bei der Württembergischen Versuchsanstalt üblich ist — es geht über die allgemein für die Versuchsanstalten eingeführte Beschreibung in einzelnen Punkten hinaus — wird nach den vorhergehenden Ausführungen einer besonderen Erläuterung nicht mehr bedürfen.

Standortsbeschreibung.

1. Allgemeine Lage.
   a) Geographische Länge................v. Greenwich und Breite........
   b) Absolute Höhe ü. d. M. m: ......c) Absolute Höhe ü. d. Talsohle m: ......
   d) Meteorologische Station: ....,.......m. Entfernt km: ...
   Niederschlagsmenge mm, jährl.: ....sommerl.: ... Jahrestemp. ^{0} C: ....
   ,, ,, nach Monaten:.....Monatstemperaturen. ....
   e) Sonstige klimatische Eigentümlichkeiten:..........................
2. Besondere Lage.
   a) Oberflächengestaltung: ....
      a) Exposition: ....b) Neigung des Bodens: ....
      c) Besondere Bemerkungen: ob hervorragender Berg oder Plateau, ob zerklüftet, von Schluchten durchzogen ....
   b) Umgebung des Bestandes: ....
      a) Bodengestaltung:....................................
      b) Benachbarte Bestandesteile: Geschlossener Bestand, Lichtung, altes oder junges Holz: ....
   c) Wasserverhältnisse: ....
3. Bodenprofil bis zu einer Tiefe von.......... m.
4. Formation:.......... Schichte: .... Grundgestein: ....
5. Der Boden ist hervorgegangen durch Verwitterung von .... er ist angeschwemmt, als ....; er ist herabgerutscht ....
6. Bodenbestandteile.
   a) Mineralische Zusammensetzung:................................
   b) Steinbeimengung:..
   c) Humusgehalt; Höhe der schwarzgefärbten Schicht cm ....
7. Physikalische Bodeneigenschaften.
   a) Gründigkeit, Obergrund .... m; Untergrund .... m.
   b) Bindigkeit: ....
   c) Farbe: ....
   d) Feuchtigkeit......Der Untergrund ist .... durchlassend ....
   Das Grundwasser ist erreicht bei ...... m Tiefe; bei .... m Tiefe nicht erreicht.
8. Tiefe der meisten Wurzeln .... m; Tiefe der untersten Wurzeln .. m.
9. Bodenzustand, Bodendecke, Bodenflora: ....
10. Bonität, geschätzt:................; festgestellt: ....

4. Sehr zweckmäßig ist es, wenn die wichtigsten Standortsverhältnisse kartographisch dargestellt werden; wenn also Höhenkurven- und Terrainkarten, Bodenkarten und Bonitätskarten, also überhaupt waldbauliche Karten neben den rein geometrischen Karten und den in den meisten Fällen vorhandenen sog. Bestandeskarten angefertigt werden.

In Ländern, für welche die allgemeinen topographischen Karten mit Höhenkurven bereits zur Verfügung stehen, werden zweckmäßig diese letzteren den waldbaulichen Karten zugrunde gelegt. Der Maßstab sollte nicht zu klein sein. Bei 1: 20 000 oder 25 000 lassen sich Einzelheiten manchmal nicht mehr deutlich erkennen; besser wird sich eine Karte im Maßstab 1: 10 000 eignen.

Solche Karten würden der praktischen Wirtschaft, wie dem wissenschaftlichen Studium große Vorteile bringen[1]).

§ 121. II. Die Bestandesbeschreibung.

1. Sehr kurz pflegt in den Forsteinrichtungswerken auch die Bestandesbeschreibung zu sein. Man begnügt sich häufig mit der Angabe des Bestandesalters und mit der Aufzählung der vorhandenen Holzarten und fügt etwa noch den geschätzten Anteil an der gesamten Stammzahl bei.

Für manche Zwecke mögen diese Angaben genügen. Einen genaueren Einblick in die Zusammensetzung des Bestandes, in seine Entwicklungsgeschichte gewähren sie jedoch nicht. Nur aus dieser läßt sich aber die Verfassung und die weitere Behandlung eines Bestandes verstehen.

2. Das Formular der Württ. Versuchsanstalt für die Bestandesbeschreibung mag zeigen, wie bei Anlage von Versuchsflächen die Bestände untersucht werden. Für praktische Zwecke werden die Nachweise kaum kürzer gefaßt werden können.

Bestandesbeschreibung.

A. Holzart: .... B. Betriebsart: ....
C. Alter. Jahre gezählt .... + ... Jahre Zuschl. f. Stockhöhe = ... Jahre.
D. Entstehung des Bestandes: ....
E. Geschichte des Bestandes.
a) Reinigungshiebe ausgeführt 19 ....
b) Durchforstungen im Jahre: 1) .... 2) .... 3) ..... usw.
c) Lichtungshiebe: ....
d) Verjüngungsschläge: ....
e) Beschädigungen: ....
f) Sonstige Angaben: ....
g) Behandlung bei der Aufnahme: ....
F. Bestandesstellung: a) Pflanzenabstand $\frac{\text{Reihenabstand}}{\text{Pflanzenabstand}}$ .... m.
b) Stammverteilung: ....
c) Schluß: ....
G. Beschaffenheit des Bestandes.
a) Astrein im Durchschnitt bis ....
b) Glattschaftig; gerade oder astig und krumm, gabelig.
c) Gesundheit: ....
H. a) Bisheriges Wachstum: ....
b) gegenwärtiger Eindruck: ....
c) Schätzung des künftigen Wachstums: ....
I. Künftige Behandlung des Bestandes: ....

[1]) Vgl. die in § 84,7 erwähnten Karten von Hazard für die Dresdener Heide.

3. Der Beschreibung der Bestandesverhältnisse geht die „numerische Charakteristik des Bestandes“ zur Seite, welche die Wachstumsverhältnisse ziffermäßig zu erfassen sucht. Die eine oder andere Zahl wird im praktischen Betriebe nicht oder nur mit großer Mühe erhoben werden können. Für die richtige Beurteilung eines Bestandes werden auch alle diese Zahlen von höchstem Werte sein. An die Stelle unsicherer oder gar oberflächlicher Schätzung tritt die auf Messung beruhende Zahl.

K. Numerische Charakteristik des Bestandes.

1. Alter: .... Jahre.
2. Stammzahl pro ha Stück: ....
3. Stammgrundfläche pro ha qm: ....
4. Mittl. Stammstärke cm: .... ; Stärkster D.: .... cm; schwächst. D.: ..... cm
5. Mittlere Höhe des Bestandes m: .... ; Mittel d. Probestämme m: ....
   Höchste Höhe .... m. Niedrigste Höhe .... m.
6. Holzmasse des Bestandes.
   a) Derbholz Fm: .... ; b) Reisig Fm: ....
   c) Gesamtmasse Fm: ....
7. Durchschnittszuwachs der Stammgrundfläche qm: ....
8. „ „ Stammstärke cm: ....
9. „ „ Höhe m: ....
10. „ des Derbholzes Fm: .... 11. des Reisigs Fm: ....
12. „ der Gesamtmasse Fm: ....
13. Das Reisig beträgt von der Gesamtmasse %: .... 14. Auf 1 Fm Derbholz kommen Reisig Fm: ....
15. Bestandesformzahl für das Derbholz: 0, ...
16. „ „ die Gesamtmasse: 0, ...
17. Verhältnis zwischen Bestandeshöhe und Bestandesstärke $\left(\frac{h}{d}\right)$ ....
18. Auf 1 qm Kreisfläche kommen:
    a) Derbholz Fm: .... b) Reisholz Fm: ....
    c) Gesamtmasse Fm: ....

III. Die Standortsgüte oder die Bonität.

§ 122. Allgemeines.

1. Auf ebenen Flächen kann das Wachstum der Waldbäume selbst über mehrere Hektar hin kaum einen Unterschied erkennen lassen. Sind die Höhentriebe sehr lang, die Astentwickelung und Belaubung sehr reichlich, so wird man den Standort für *gut*, im entgegengesetzten Falle — bei kümmerlichem Wachstum — für *gering* erklären.

Diese *Einschätzung des Standorts* geschieht *nach der Wachstumsleistung, nach der Produktion an Holzmasse.*

Die Produktion ist aber das *Ergebnis des Zusammenwirkens aller Faktoren des Wachstums*: des Bodens, der Lage und des Klimas. Es ist also nicht die Bodengüte allein, sondern die *Standortsgüte*, welche im Wachstum sich ausprägt. Im praktischen Betriebe wird allerdings vielfach nur von der Güte des Bodens gesprochen: die

südliche oder geneigte Lage kommt dann durch die Trockenheit des Bodens zum Ausdruck.

2. Man könnte die vorhandenen Bodenstellen oder Standorte nach verschiedenen Merkmalen gruppieren und abstufen. Nach dem Mineralstoffgehalt des Bodens, dem Humusgehalt, der Bindigkeit, der Wärme, dem Wassergehalt, nach der Tiefe des Grundwasserstandes, der Tiefgründigkeit, nach dem Untergrunde, der Lockerheit des Bodens, nach den Niederschlägen, der Feuchtigkeit oder der Temperatur der Luft usw.

Alle diese Faktoren zu untersuchen, wäre meistens zu umständlich und zu kostspielig. Die Abstufung der Standorte nach diesen Faktoren wäre, wie sich aus den früheren Darlegungen ergibt, auch zu schwierig und zu unsicher.

Noch schwieriger wäre die Wertschätzung des Standorts nach den Faktoren des Bodens und den klimatischen Einflüssen, sowie eine Abstufung des Wertes durchzuführen. Die Wertschätzung geschieht daher nach dem Wachstum der Waldbäume: sei es nach dem Höhenwachstum, oder dem Stärken- und Massenwachstum. Die Wachstumsleistung eines bestimmten Standorts wird gemessen und in Metern oder Festmetern ausgedrückt. Es ist nicht schwer, die Orte mit dem höchsten und diejenigen mit dem geringsten Wachstum in einem abgegrenzten Waldgebiete aufzufinden. Wird die höchste und die geringste Wachstumsleistung gemessen, so ist festgestellt, innerhalb welcher Grenzen sich die Höhen und die Massen bewegen; es ist der beste und geringste Standort, die erste und die letzte Bonität ermittelt. Innerhalb dieser beiden Grenzwerte liegen sämtliche Standorte des betreffenden Waldgebietes.

Um nun die zahlreichen Abstufungen des Standorts übersichtlicher zusammenfassen zu können, bildet man z. B. die drei Standortsklassen: gut, mittelmäßig, schlecht und reiht die einzelnen Standorte auf Grund der Schätzung in eine dieser Klassen ein. Diese Gruppierung der einzelnen Waldteile nimmt jeder kleine Waldbesitzer vor, der über sein Besitztum etwas genauer orientiert sein will. Anlaß zu dieser Schätzung geben außerdem Kauf und Verkauf, Tausch, Erbteilung, Steuerveranlagung, Zusammenlegung etc.

Um die Unterschiede der Klassen schärfer zu präzisieren, kann man für jede Klasse die durchschnittliche Höhe, Stärke, Masse berechnen. Auf diese Weise gelangt man zu der Ausscheidung von Bonitäten, wie sie z. B. in den Ertragstafeln angegeben sind.

Man schließt also vom Wachstum oder dem Ertrage auf die Fruchtbarkeit, die Güte oder die Bonität des Standorts und spricht von besseren oder geringeren Bonitäten. Daneben unterscheidet man Standortsklassen, Güteklassen, aber nicht Bonitätsklassen, sondern bezeichnet

diese abgekürzt wieder mit dem Namen Bonität. Ein Bestand I. Bonität gehört der I. Standortsklasse an.

Die Ausscheidung von Bonitäten oder Standortsklassen beruht also nicht direkt auf den Faktoren der Fruchtbarkeit, sondern auf dem Ertrage. Die Bonitäten oder Standortsklassen sind Ertragsklassen.

3. Eine Gleichheit des Wachstums ist auf größerer Fläche aber mehr als Ausnahme zu bezeichnen. Die tägliche Beobachtung lehrt nämlich, daß selbst auf kleiner Fläche das Wachstum verschieden sein kann. Der Wechsel der Bodenart, des Untergrunds, der Exposition, der Feuchtigkeit, der Wärme, der Struktur des Bodens ruft die Unterschiede im Wachstum hervor. Welcher Anteil an der Veränderung des Wachstums dem einen oder andern Faktor zufällt, ist in den meisten Fällen nicht zu ermitteln. Bei genügender Wärme kann es die Feuchtigkeit des Bodens sein. Bei hinreichenden Niederschlägen ist es die Wärme, welche den entscheidenden Einfluß auf das Wachstum ausübt usw. Der Augenschein zeigt, daß nicht alle Faktoren von gleicher Wichtigkeit sind. Die Feuchtigkeit des Bodens ist z. B. einflußreicher, als dessen mineralische Zusammensetzung.

4. Ein Teil der Faktoren ist auf große Entfernungen hin konstant, ein anderer Teil häufigem Wechsel unterworfen.

Bei der Steuerveranschlagung werden sämtliche Waldungen in bestimmte Klassen oder Bonitäten eingereiht. Es zeigte sich nun z. B. in Württemberg[1]), daß in Bezirken von ca. 20 000 ha der größere Teil der Waldfläche (60—80 %) in dieselbe Bonität eingeschätzt wurde und daß auf die übrigen (4) Bonitäten je nur ein kleiner Teil der Fläche entfiel.

Zu ungefähr demselben Resultat führt die Einreihung der württembergischen Staatswaldungen in Standortsklassen bei der Wirtschaftseinrichtung[2]). Auf Fichten und Tannenbestände entfallen 60 % aller Staatswaldungen mit 110 747 ha. Diese verteilen sich auf die einzelnen Standortsklassen in folgender Weise nach Prozenten:

Standortsklasse	I	II	III	IV	V
Schwarzwald	8	41	40	10	1
Unterland	15	40	40	5	—
Nordostland . . .	6	46	43	5	—
Schwäbische Alb . .	13	54	29	4	—
Oberschwaben . . .	37	54	8	1	—
Württemberg	14	46	34	6	—

Im Durchschnitt des Landes herrschen die II. Bonität mit 46 % und die III. Bonität mit 34, beide zusammen mit 80 % vor. Auf die IV. und V. entfallen 6, auf die I. 14 %. In Oberschwaben fallen 91 % auf die I. und II. Bonität und nur 9 % auf III., IV. und V. Bonität.

[1]) Forstst. Mitt. 1887, 143, 162. Henze, Über Bonitäten und Bonitätenbildung 1902, S. 54—58.

[2]) A. a. O. 1908, 125.

Im Schwarzwald dagegen fallen 51 % auf III., IV., V. und nur 49 % auf die I. und II. Bonität.

Worin unterscheiden sich nun die Waldgebiete, in denen die einzelnen Bonitäten so ganz verschiedene Bedeutung haben? Die geologische Formation und der Boden, geographische Breite, Meereshöhe, Wärme, Niederschläge, die Neigung und Exposition der Hänge sind verschieden. Welche Faktoren geben nun den Ausschlag? Aus der vorliegenden Statistik lassen sich diese Fragen nicht mit Sicherheit beantworten. Wir müssen uns nach weiterem Tatsachenmaterial umsehen. Solches bieten uns die Aufnahmen von Versuchsflächen durch die Versuchsanstalten.

§ 123. Die Versuchsflächen nach Meereshöhe und Exposition.

1. Die Versuchsflächen sind in den nachfolgenden Übersichten nach Meereshöhen und Expositionen zusammengestellt [1]), soweit die betreffenden Angaben aus den einzelnen Ländern vorhanden sind. Für einen Teil der Versuchsflächen sind sie leider im Grundlagenmaterial der Ertragstafeln nicht veröffentlicht.

Die Zahl der Versuchsflächen ist in den einzelnen Bonitäten verschieden. Wie im großen, so herrschen auch im kleinen einzelne Bonitäten vor. So sind die I. und die IV. und V. Bonität je nur mit wenigen Flächen ausgestattet, während in der II. und III. Bonität bei allen Holzarten die zahlreichsten Flächen sich finden.

Für die Vergleichung der einzelnen Angaben ist zu bemerken, daß für Versuchsflächen regelmäßiger Kronenschluß und normale Bestockung gefordert wird. Die Versuchsflächen sind meistens 0,25 ha, manchmal auch 0,50 bis 1,0 ha groß. Auf Versuchsflächen ist also die Bestandesgüte stets = 1,0 zu setzen. Daß in den geringeren Bonitäten nur wenige Flächen aufgenommen werden, rührt z. T. davon her, daß auf den geringeren Bonitäten normale Bestockung nur selten vorhanden ist.

2. Die Lage der Versuchsflächen nach der Meereshöhe ist in Tabelle 84 nachgewiesen.

Es ergibt sich, daß in den tieferen Lagen alle Bonitäten vorkommen, daß in den höheren Lagen dagegen die besseren Bonitäten zurückbleiben oder ganz fehlen. Über 700 m ist nur noch ausnahmsweise die I. Bonität vorhanden. Nur im Gebirge der Schweiz steigt die I. Bonität der Fichte bis zur Höhe von 1100—1200 m hinan.

Die II. Bonität ist vielfach bei 900 m noch vertreten. In Höhenlagen von 1000 m und darüber sind nur noch III. und IV. Bonität zu treffen [2]).

[1]) Eine Gruppierung nach Bodenarten ist auf Grund des veröffentlichten Materials vorerst nicht möglich.

[2]) Daß die Bonitäten der verschiedenen Länder nicht als gleichwertig gelten können, also I. Bonität in Sachsen nicht = I. Bonität der Schweiz sei, wird unten gezeigt werden.

Tabelle 84.

Lage der Versuchsflächen nach der Meereshöhe.

Bonität	Summe der Flächen	Höhe über dem Meer in Metern 1 bis 100	101 bis 200	201 bis 300	301 bis 400	401 bis 500	501 bis 600	601 bis 700	701 bis 800	801 bis 900	901 bis 1000	1001 bis 1100	1101 bis 1200	1201 bis 1300
I. Fichte.														
1. Preußen.														
I	42	15	2	6	4	7	5	2	1	—	—	—	—	—
II	37	4	—	—	7	5	12	6	3	—	—	—	—	—
III	14	—	—	—	1	4	7	1	—	—	1	—	—	—
IV	6	—	—	—	3	1	—	—	2	—	—	—	—	—
V	2	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—
	101	19	2	6	15	17	25	9	6	1	1	—	—	—
2. Braunschweig.														
I	6	—	—	3	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—
II	22	—	5	—	1	4	12	—	—	—	—	—	—	—
III	6	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—
IV	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	36	—	5	3	1	6	21	—	—	—	—	—	—	—
3. Sachsen.														
I	21	—	—	3	—	1	3	4	7	3	—	—	—	—
II	38	—	—	3	3	—	2	9	15	6	—	—	—	—
III	21	—	—	2	—	1	3	4	5	4	2	—	—	—
IV	12	—	—	—	2	1	3	4	2	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	92	—	—	8	5	3	11	21	29	13	2	—	—	—
4. Bayern.														
I	22	—	—	—	—	9	6	1	4	2	—	—	—	—
II	47	—	—	—	1	17	13	2	8	6	—	—	—	—
III	22	—	—	—	—	4	7	—	3	8	—	—	—	—
IV	9	—	—	—	—	—	2	—	4	1	2	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	1	30	28	3	19	17	2	—	—	—
5. Baden.														
I	24	—	—	—	7	9	5	3	—	—	—	—	—	—
II	17	—	—	3	—	3	—	1	1	3	6	—	—	—
III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	44	—	—	3	7	12	5	4	1	3	6	—	3	—

Bonität	Summe der Flächen	Höhe über dem Meer in Metern												
		1 bis 100	101 bis 200	201 bis 300	301 bis 400	401 bis 500	501 bis 600	601 bis 700	701 bis 800	801 bis 900	901 bis 1000	1001 bis 1100	1101 bis 1200	1201 bis 1300
							6. Württemberg.							
I	70	—	—	—	—	13	35	15	4	3	—	—	—	—
II	55	—	—	—	—	15	30	6	4	—	—	—	—	—
III	30	—	—	—	—	11	12	4	2	1	—	—	—	—
IV	14	—	—	—	—	5	4	—	—	2	3	—	—	—
V	8	—	—	—	—	1	—	—	2	4	1	—	—	—
	177	—	—	—	—	45	81	25	12	10	4	—	—	—
							7. Schweiz, Hügelland.							
I	19	—	—	—	—	7	7	1	4	—	—	—	—	—
II	46	—	—	—	2	22	10	5	6	1	—	—	—	—
III	41	—	—	—	3	18	8	7	3	2	—	—	—	—
IV	13	—	—	—	1	7	3	1	1	—	—	—	—	—
V	8	—	—	—	—	3	3	1	1	—	—	—	—	—
	127	—	—	—	6	57	31	15	15	3	—	—	—	—

8. Schweiz, Gebirge.

Bonität	Summe der Flächen	Höhe über dem Meer in Metern														
		401 bis 500	501 bis 600	601 bis 700	701 bis 800	801 bis 900	901 bis 1000	1001 bis 1100	1101 bis 1200	1201 bis 1300	1301 bis 1400	1401 bis 1500	1501 bis 1600	1601 bis 1700	1701 bis 1800	1801 bis 1900
I	17	2	—	—	4	2	5	1	3	—	—	—	—	—	—	—
II	24	4	1	1	1	5	2	7	2	1	—	—	—	—	—	—
III	33	3	2	2	1	3	2	10	4	1	3	—	1	1	—	—
IV	7	—	1	2	—	—	—	—	1	—	2	1	—	—	—	—
V	7	—	—	1	—	—	1	—	—	1	—	2	1	—	—	1
	88	9	4	6	6	10	10	18	10	3	5	3	2	1	—	1

Bonität	Summe der Flächen	Höhe über dem Meer in Metern												
		1 bis 100	101 bis 200	201 bis 300	301 bis 400	401 bis 500	501 bis 600	601 bis 700	701 bis 800	801 bis 900	901 bis 1000	1001 bis 1100	1101 bis 1200	1201 bis 1300
							II. Tanne.							
							1. Baden.							
I	6	—	—	—	—	1	3	—	2	—	—	—	—	—
II	24	—	—	2	7	12	2	1	—	—	—	—	—	—
III	28	—	—	9	8	10	1	—	—	—	—	—	—	—
IV	10	—	—	2	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	68	—	—	13	15	31	6	1	2	—	—	—	—	—
							2. Württemberg.							
I	27	—	—	—	5	3	5	14	—	—	—	—	—	—
II	22	—	—	—	1	8	8	5	—	—	—	—	—	—
III	27	—	—	—	2	8	12	5	—	—	—	—	—	—
IV	9	—	—	—	—	2	4	3	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	85	—	—	—	8	21	29	27	—	—	—	—	—	—

Bonität	Summe der Flächen	Höhe über dem Meer in Metern												
		1 bis 100	101 bis 200	201 bis 300	301 bis 400	401 bis 500	501 bis 600	601 bis 700	701 bis 800	801 bis 900	901 bis 1000	1001 bis 1100	1101 bis 1200	1201 bis 1300
III. Föhre.														
1. Sachsen.														
I	11	—	8	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	13	2	6	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III	10	2	4	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV	13	4	7	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	2	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	49	8	26	12	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Württemberg.														
I	23	—	—	2	10	8	2	1	—	—	—	—	—	—
II	32	—	—	5	3	14	2	6	1	1	—	—	—	—
III	9	—	—	1	2	3	2	1	—	—	—	—	—	—
IV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	64	—	—	8	15	25	6	8	1	1	—	—	—	—
IV. Buche.														
1. Preußen.														
I	44	29	2	4	7	2	—	—	—	—	—	—	—	—
II	41	16	—	7	7	6	4	1	—	—	—	—	—	—
III	28	2	—	1	7	8	10	—	—	—	—	—	—	—
IV	17	—	—	1	2	5	7	2	—	—	—	—	—	—
V	8	—	—	1	1	4	2	—	—	—	—	—	—	—
	138	47	2	14	24	25	23	3	—	—	—	—	—	—
2. Braunschweig.														
I	24	1	3	13	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	50	2	4	21	19	—	4	—	—	—	—	—	—	—
III	55	—	3	21	13	6	12	—	—	—	—	—	—	—
IV	12	—	1	2	—	5	4	—	—	—	—	—	—	—
V	3	—	—	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
	144	3	11	59	39	12	20	—	—	—	—	—	—	—
3. Hessen.														
I	6	1	—	2	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—
II	15	1	7	3	1	2	1	—	—	—	—	—	—	—
III	18	—	3	10	3	—	2	—	—	—	—	—	—	—
IV	7	—	—	4	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	46	2	10	19	6	4	5	—	—	—	—	—	—	—

Bonität	Summe der Flächen	Höhe über dem Meer in Metern												
		1 bis 100	101 bis 200	201 bis 300	301 bis 400	401 bis 500	501 bis 600	601 bis 700	701 bis 800	801 bis 900	901 bis 1000	1001 bis 1100	1101 bis 1200	1201 bis 1300
							4. Sachsen.							
I	3	—	—	1	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—
II	17	—	—	1	3	3	2	7	—	1	—	—	—	—
III	15	—	—	—	—	3	1	4	7	—	—	—	—	—
IV	3	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	38	—	—	2	3	6	5	12	8	2	—	—	—	—
							5. Baden.							
I	7	—	—	2	1	2	—	—	2	—	—	—	—	—
II	35	—	—	6	3	6	8	2	2	4	3	1	—	—
III	44	—	4	9	3	5	1	2	2	5	3	5	5	—
IV	29	—	1	6	3	7	3	—	3	2	—	1	3	—
V	4	—	—	—	2	—	—	—	1	1	—	—	—	—
	119	—	5	23	12	20	12	4	10	12	6	7	8	—
							6. Württemberg.							
I	17	—	—	—	—	2	7	8	—	—	—	—	—	—
II	58	—	—	—	11	6	9	17	13	2	—	—	—	—
III	38	—	—	—	5	1	6	15	11	—	—	—	—	—
IV	19	—	—	—	—	5	2	9	3	—	—	—	—	—
V	8	—	—	—	—	—	3	5	—	—	—	—	—	—
	140	—	—	—	16	14	27	54	27	2	—	—	—	—
							7. Schweiz.							
I	12	—	—	—	—	5	4	3	—	—	—	—	—	—
II	30	—	—	—	—	8	13	6	3	—	—	—	—	—
III	55	—	—	—	—	5	16	15	8	9	1	1	—	—
IV	27	—	—	—	—	1	10	3	4	4	2	3	—	—
V	17	—	—	—	—	1	3	5	1	3	2	—	1	1
	141	—	—	—	—	20	46	32	16	16	5	4	1	1
							V. Eiche.							
							Preußen.							
I	48	34	7	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	71	18	11	15	16	10	1	—	—	—	—	—	—	—
III	25	3	4	8	4	4	2	—	—	—	—	—	—	—
IV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	144	55	22	27	23	14	3	—	—	—	—	—	—	—

3. In Tabelle 85 sind die Versuchsflächen nach der Exposition zusammengestellt.

Tabelle 85.

Lage der Versuchsflächen nach der Exposition.

Bonität	Summe der Flächen	Exposition								
		eben	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
I. Fichte.										
1. Preußen.										
I	40	21	4	4	2	1	1	3	2	2
II	31	16	2	—	3	3	1	1	2	3
III	12	3	1	1	1	4	1	—	—	1
IV	6	4	—	—	1	—	—	—	—	1
V	2	1	—	—	—	—	—	—	1	—
	91	45	7	5	7	8	3	4	5	7
2. Sachsen.										
I	21	1	2	2	2	2	1	2	5	4
II	38	2	8	6	4	2	—	8	5	3
III	21	1	4	3	2	1	—	4	4	2
IV	12	2	1	3	—	2	—	1	3	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	92	6	15	14	8	7	1	15	17	9
3. Württemberg.										
I	70	18	8	8	3	11	1	10	1	10
II	56	18	8	2	—	4	3	6	7	8
III	30	10	4	2	—	1	2	4	1	6
IV	14	3	1	2	—	2	—	2	—	4
V	8	—	—	2	—	1	—	2	—	3
	178	49	21	16	3	19	6	24	9	31
4. Schweiz, Hügelland.										
I	19	9	2	2	1	1	1	1	2	—
II	45	16	—	2	2	6	3	6	3	7
III	41	14	6	3	1	1	3	3	5	5
IV	13	8	—	—	—	1	2	1	1	—
V	8	5	1	—	—	—	1	—	—	1
	126	52	9	7	4	9	10	11	11	13
5. Schweiz, Gebirge.										
I	17	3	2	1	2	1	3	1	2	2
II	24	2	2	3	4	6	1	1	2	3
III	33	—	4	3	1	4	3	6	1	11
IV	7	1	2	—	—	—	—	1	1	2
V	7	—	2	—	—	1	—	1	1	2
	88	6	12	7	7	12	7	10	7	20

Bonität	Summe der Flächen	Exposition								
		eben	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
II. Tanne.										
1. Baden.										
I	6	—	—	3	—	—	—	—	1	2
II	24	—	9	5	—	3	—	2	—	5
III	28	3	8	—	—	—	1	3	4	9
IV	10	1	2	1	2	—	—	—	—	4
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	68	4	19	9	2	3	1	5	5	20
2. Württemberg.										
I	27	6	6	6	—	1	—	2	—	6
II	22	5	7	3	—	—	—	1	1	5
III	27	9	5	1	—	2	1	—	—	9
IV	9	1	2	1	—	1	1	1	1	1
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	85	21	20	11	—	4	2	4	2	21
III. Föhre.										
1. Sachsen.										
I	11	10	—	—	—	—	—	—	—	1
II	13	10	—	—	1	1	—	—	—	1
III	10	5	1	2	—	—	—	2	—	—
IV	13	5	—	2	1	1	2	1	—	1
V	2	1	—	—	—	—	—	—	1	—
	49	31	1	4	2	2	2	3	1	3
2. Württemberg.										
I	23	3	2	1	3	—	1	7	4	2
II	32	4	5	1	1	3	4	6	4	4
III	9	1	—	—	—	—	2	3	—	3
IV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	64	8	7	2	4	3	7	16	8	9
IV. Buche.										
1. Preußen.										
I	44	29	3	1	5	2	3	1	—	—
II	41	23	2	2	1	3	5	2	1	2
III	28	12	3	4	3	—	2	1	3	—
IV	17	7	2	1	—	3	1	2	1	—
V	8	1	1	—	—	—	—	4	2	—
	138	72	11	8	9	8	11	10	7	2

Bonität	Summe der Flächen	Exposition								
		eben	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
2. Braunschweig.										
I	24	3	6	4	3	—	1	2	1	4
II	50	9	6	9	2	4	4	6	2	8
III	59	8	10	8	5	3	5	7	4	9
IV	12	1	4	2	—	2	—	—	—	3
V	3	—	—	—	—	—	1	1	—	1
	148	21	26	23	10	9	11	16	7	25
3. Sachsen.										
I	3	—	—	—	2	1	—	—	—	—
II	17	1	3	3	3	—	—	1	1	5
III	15	—	—	2	1	—	4	5	1	2
IV	3	—	1	1	—	—	—	—	1	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	38	1	4	6	6	1	4	6	3	7
4. Hessen.										
I	6	1	1	4	—	—	—	—	—	—
II	15	6	4	1	2	—	2	—	—	—
III	18	3	3	2	2	—	2	3	1	2
IV	7	1	1	—	—	2	1	—	1	1
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	46	11	9	7	4	2	5	3	2	3
5. Baden.										
I	7	—	—	2	1	1	—	—	1	2
II	35	—	6	4	6	3	4	5	2	5
III	44	5	6	7	6	7	4	3	1	5
IV	29	1	3	5	4	6	1	1	3	5
V	4	—	—	1	—	2	—	—	1	—
	119	6	15	19	17	19	9	9	8	17
6. Württemberg.										
I	17	2	3	1	2	3	1	1	—	4
II	58	12	9	6	5	11	3	2	2	8
III	38	8	6	6	3	5	1	2	1	6
IV	19	—	1	3	1	8	1	1	1	3
V	8	1	1	2	—	2	—	2	—	—
	140	23	20	18	11	29	6	8	4	21
7. Schweiz.										
I	12	2	3	1	3	—	1	—	—	2
II	30	3	5	4	3	3	1	2	3	6
III	55	5	13	9	2	3	2	8	1	12
IV	27	3	6	2	2	3	2	4	3	2
V	17	—	5	1	1	2	—	5	1	2
	141	13	32	17	11	11	6	19	8	24

Ein Blick in die Tabelle 85 zeigt, daß die I. Bonität in manchen Ländern ebensooft auf südlicher, als auf nördlicher Exposition vorkommt. Dies scheint mit der täglichen Erfahrung und der landläufigen Vorstellung vom Einflusse der Exposition in Widerspruch zu stehen. Wo aber reichliche Niederschläge im Sommer fallen, muß die wärmere Südexposition günstigere Wachstumsverhältnisse zeigen, als die kältere Nordexposition. Nur in trockenen Gegenden wird der feuchtere Nordhang besseres Wachstum haben, als der Südhang.

Ein ausgesprochener Einfluß der Exposition auf die Verteilung der Bonitäten ist in dem vorliegenden Material nicht zu erkennen. Die Exposition bringt unzweifelhaft eine Änderung der Temperatur und Feuchtigkeit mit sich. Diese Änderung ist aber vielleicht zu unbedeutend, als daß sie sich im Wachstum ausdrücken könnte. Sie kann aber auch durch andere Einflüsse verdunkelt sein (bei hohen Niederschlägen ist z. B. die Südexposition nicht trocken). Wenn fast die Hälfte aller Flächen als „eben" bezeichnet ist, so rührt dies davon her, daß auf einer ebenen Fläche die normale Bestockung eher vorhanden ist als am Hange. Es ist also durch die Bezeichnung „eben" nicht die Lage in der Ebene oder auch nur auf einer größeren ebenen Fläche ausgedrückt. Die Versuchsfläche kann vielmehr auf einer ebenen Terrasse eines Hanges, eines Nord-, Ost-, Süd-, Westhanges gelegen sein, also der Einfluß der Exposition z. B. in Bezug auf Wind zur Geltung kommen.

Der Einfluß der Exposition ist auch deshalb schwer zu ermitteln, weil vielfach nur eine einzige Fläche auf einer bestimmten Exposition vorhanden ist, also mancherlei Zufälligkeiten das Wachstum beeinflussen können.

§ 124. Die Zahl der ausgeschiedenen Bonitäten.

1. Die Zahl der zu bildenden Standortsklassen oder Bonitäten ist von jeher verschieden bemessen worden. Entsprechend den Unterscheidungen: gut, mittelmäßig, schlecht, hat man nur 3 Standortsklassen ausgeschieden. Öfters hielt man die Ausscheidung einer „sehr guten" und einer „sehr schlechten" Klasse für nötig, was dann zur Bildung von 5 Klassen führte. Sogar die Bildung von 10 Klassen und die Bezeichnung derselben mit 1,0; 0,9; 0,8 etc. hat man vorgeschlagen.

Der Hauptgrund für die Klassenbildung ist das praktische Bedürfnis. Bei der Steuerveranlagung, bei Wirtschaftseinrichtungen muß die Einschätzung einzelner Bestände in irgend eine Bonität vorgenommen werden. Für die praktische Anwendung müssen daher die Bonitäten im Walde leicht erkennbar sein; sie müssen deutlich von einander abstechen. Die Zahl der Bonitäten muß sodann möglichst klein sein, damit die Ein-

reihung einzelner Bestände rasch und genügend sicher vor sich gehen kann. Je zahlreicher die Klassen sind, um so kleiner sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen, um so schwieriger ist die Einreihung des einzelnen Bestandes in eine bestimmte Klasse.

Bei der praktischen Bonitierung kommt noch ein weiterer Umstand hinzu. Innerhalb eines Bestandes von 5—6 ha, selbst von 2—3 ha — je nach der geologischen Formation wechseln die Bonitäten rascher oder langsamer — können 2, auch 3 Bonitäten vertreten sein. Kleinere, felsige oder nasse Stellen, Mulden, Einsenkungen, leichte Erhöhungen, stärkere Neigung etc. können einen Wechsel im Wachstum hervorrufen.

Es lohnt sich aber nicht immer mit Rücksicht auf den praktischen Zweck, diese kleinen Stellen auszuscheiden und einer besonderen Bonität zuzuteilen. In der Bonität eines Bestandes oder einer Abteilung können also, was leicht übersehen wird, schon mehrere Bonitäten zusammengefaßt und zu einer durchschnittlichen Bonität vereinigt sein.

Die Versuchsanstalten haben bei Aufstellung von Ertragstafeln in der Regel 5 Bonitäten ausgeschieden.

Es muß ausdrücklich bemerkt werden, daß in einer Versuchsfläche nur eine Bonität vertreten ist, oder wenigstens vertreten sein soll. Es läßt sich aber nicht immer vermeiden, daß in eine Versuchsfläche manchmal kleine Stellen mit besserem oder geringerem Wachstum einbezogen werden müssen. Die Zahl der Flächen IV. oder gar V. Standortsklasse ist aber sehr gering, so daß die in die Tafel eingesetzten Werte ziemlich unsicher sind. Vergleicht man das aus Versuchsflächen durch wiederholte Aufnahmen gewonnene Material auf den graphischen Karten, so treten die Flächen der II. und III. Bonität mit den zahlreichsten Positionen sehr deutlich heraus. Weniger zahlreich sind die Flächen I. Bonität; ganz geringe Zahlen weisen IV. und V. Bonität auf. Man sieht sofort, daß 3 oder höchstens 4 Bonitäten mit Sicherheit sich ausscheiden lassen. Zu den Klassen II. „gut“ und III. mittelmäßig kommen noch die Klassen I. „sehr gut“ und IV. „schlecht“ hinzu. In dieser IV. Bonität sind die Werte der bisherigen IV. und V. Bonität zusammengefaßt.

Die Zahl der ausgeschiedenen Bonitäten ist noch aus einem anderen Grunde von Bedeutung. Gegeben sind als feste Anhaltspunkte nur die Flächen mit den höchsten und den niedrigsten Werten (nach Höhe, Masse etc.). Sicher in ihrem Verlaufe sind also nur die Maximalkurve und die Minimalkurve. Die Kurven für die einzelnen Bonitäten liegen zwischen der Maximal- und der Minimalkurve.

Ob 3 oder 5 Bonitäten für zweckmäßig erachtet werden, ist für die Lage der 3 oder 5 Kurven entscheidend.

Wird der Abstand zwischen der Maximal- und Minimalkurve in 3 oder in 5 gleiche Teile geteilt, so wird zunächst der Abstand der Bonitätskurven unter sich um so kleiner, je mehr Bonitäten gebildet werden. Sodann aber werden hauptsächlich die oberen und unteren Bonitäten in ihrer Lage etwas verschoben. Bei 4 Bonitäten wird der Mittelwert der I. Bonität höher sein, als bei 3 Bonitäten usw. Für die Vergleichung der Bonitäten verschiedener Gegenden ist dieser Umstand von Wichtigkeit (so bei der Tanne in Baden und Württemberg usw.).

2. Man pflegt vielfach den Raum zwischen der Maximal- und der Minimalkurve in 3 oder 5 gleiche Teile zu teilen und so die Kurve für die einzelnen Bonitäten zu bestimmen.

Eine solche gleichmäßige Abteilung der Bonitäten entspricht aber nicht immer den tatsächlichen Verhältnissen. Die schönsten, höchsten, massenreichsten Bestände, die der I. Bonität zufallen, stehen weit über denjenigen der II. Bonität; ebenso entfernen sich die Bestände der IV. oder V. Bonität weiter von der III. Bonität als diese von der II. Nachdem heute zahlreiche Bestandesaufnahmen von den Versuchsanstalten uns die tatsächlichen Unterlagen für die Beurteilung dieser Verhältnisse verschafft haben, sind wir nicht mehr auf theoretische Erwägungen und Schlüsse angewiesen. Wir können vielmehr von den tatsächlichen Verhältnissen ausgehen.

3. Vergleichen wir nun an der Hand von Ertragstafeln die Abstände der Bonitäten, indem wir den Wert der I. Bonität = 100 setzen, also die Werte der übrigen Bonitäten in Prozenten des Wertes der I. Bonität ausdrücken.

Bonität	Fichte. Schweiz, Hügelland.					Buche. Schweiz.				
	Bestandeshöhe									
	Alter, Jahre					Alter, Jahre				
	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
I	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
II	90	89	90	92	93	87	88	90	92	92
III	80	78	81	84	86	77	77	81	83	84
IV	70	68	73	77	80	64	65	71	75	76
V	63	60	65	71	75	53	54	62	66	68
	Gesamtmasse (Derbholz und Reisig) I = 100.									
I	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
II	81	83	86	87	—	83	81	83	86	87
III	65	67	73	75	—	67	63	67	72	75
IV	52	54	61	64	—	49	48	53	59	63
V	41	42	50	54	—	34	34	40	47	51

Die Verhältniszahlen, wie sie sich für die Schweiz berechnen, wiederholen sich für andere Länder und andere Holzarten in ungefähr

derselben Weise[1]). Die Ergebnisse lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1) In der Jugend sind die Abstände der Bonitäten verhältnismäßig größer, als im höheren Alter und zwar ist dies bei der Höhe, wie bei der Kreisfläche und der Masse der Fall.

2) Die Massen sinken mit abnehmender Bonität in stärkerem Grade, als die Höhen.

Die absoluten Unterschiede der Höhe betragen bei 5 Bonitäten je 2—3 m. Noch kleinere Abstufungen, etwa von 1 m, zu bestimmen, wäre im Walde durch Messung oder gar durch Schätzung nicht mehr sicher zu erreichen. Die Unterschiede der Holzmassen der einzelnen Bonitäten betragen 80 bis 120 Fm. Noch kleinere Unterschiede, etwa von 40—60 Fm, durch Schätzung festzustellen (dies würde eine Genauigkeit der Schätzung von ca. 8—10 % bedingen), ist ebenfalls nicht durchzuführen. An diesen Schwierigkeiten scheitert ganz von selbst der Vorschlag, daß 10 Bonitäten (mit Höhenunterschieden von 1 m etc.) gebildet werden sollen.

4. Eine weitere Schwierigkeit bei der Bonitierung ergibt sich durch die Beobachtung, daß die Bestände in verschiedene Bonitäten fallen, je nachdem sie nach der Höhe oder nach der Masse eingereiht werden.

Wenn also die einzelnen Bestände nach der Höhe in die Bonitäten eingereiht werden, was gewöhnlich der Fall ist, so gehören diese an sich für normal gehaltenen Bestände damit nicht immer auch der I. Bonität nach der Masse an. Wird umgekehrt die Einreihung nach der Masse vorgenommen, so fallen die Bestände in andere Höhenklassen. Trägt man die Höhen und die Massen der Versuchsflächen verschiedener Staaten graphisch auf, so sieht man sofort, ob bei Aufstellung der Ertragstafel nach der Höhe oder nach der Masse bonitiert worden ist. Die Höhenkurve der Ertragstafel wird daher manchmal von anderen Flächen abgeleitet, als die Massenkurve.

Das ganze Bonitierungsverfahren wird aber praktisch nur mit Rücksicht auf die Massen eingeleitet. Man bonitiert, um die gegenwärtigen oder künftigen Massenerträge leicht veranschlagen zu können. Dabei wird die leichter zu ermittelnde Höhe als Grundlage genommen. Die Höhe ist vorzuziehen, weil diese von der Behandlung der Bestände weniger beeinflußt ist, als die Masse. Bei versäumter Durchforstung ist die Masse im Vergleich zur Höhe zu groß, bei lichterem Stande umgekehrt zu klein[2]).

Suchen wir dies an einigen Ertragstafeln klar zu machen.

---

[1]) Vgl. 3. Abschnitt. VII. Wachstumsverhältnisse.

[2]) Vgl. Flury, Mitt. der Schweiz. V.-A. 9, 54.

	Höhe m	Derbholz	Reisig Fm	Gesamtmasse
Buche im 100. Jahr I. Bonität.				
Baden	29,4	631	82	711
Württemberg	29,8	611	110	721
Braunschweig	32,0	596	74	670
Preußen	29,6	620	100	720
Schweiz	31,7	609	71	680
Tanne im 100. Jahr I. Bonität.				
Baden	31,8	—	—	1100
Württemberg	30,0	1000	124	1124
Fichte im 100. Jahr I. Bonität.				
Sachsen	30,8	939	93	1032
Preußen	33,3	734	92	826
Schweiz, Gebirge	34,5	1171	109	1280
Württemberg	33,0	1000	95	1095
Braunschweig	34,0	823	—	—
Föhre im 100. Jahr I. Bonität.				
Sachsen	27,1	552	58	610
Norddeutsche Tiefebene	29,0	541	51	592
Hessen, Rhein-Main-Ebene	26,1	583	58	641
Hessen, Buntsandsteingebiet	23,3	535	56	591
Baden	29,5	693	70	763
Eiche im 100. Jahr I. Bonität.				
Hessen	30,9	546	54	600
Preußen	26,6	397	44	441

Große Übereinstimmung hinsichtlich der Höhe und Masse ist bei der Buche zu bemerken, während bei den Nadelhölzern für ungefähr dieselbe Höhe sich verschiedene Massen ergeben.

Die Höhenzahlen weisen noch auf einen weiteren Unterschied hin, der zwischen den einzelnen Ländern vorhanden ist. Diesem müssen wir zunächst nachgehen.

§ 125. Die Bonitäten in geographischer Hinsicht.

1. In § 122 ist eine Zusammenstellung der Bonitäten nach Meereshöhe und Exposition für verschiedene Holzarten mitgeteilt. Sie enthält zugleich eine Anordnung der Bonitäten nach Ländern.

Ist nun — diese Frage erhebt sich in erster Linie — die I. Bonität von Preußen gleichwertig mit der I. Bonität von Baden oder von der Schweiz? Sehen wir uns zunächst die mitgeteilten Zahlen und die auf Grund dieser Zahlen gefertigten graphischen Darstellungen (§ 145 ff.) näher an.

Für jede Bonität sind in den Ertragstafeln die Mittelwerte angegeben, denen die Maximal- und die Minimalwerte gegenüberstehen. Für die II. Bonität fällt der Maximalwert zusammen mit dem Minimalwert

für die I. Bonität; der Minimalwert der II. Bonität fällt zusammen mit dem Maximalwert für die III. Bonität. Der Abstand vom Mittelwert der einen zum Mittelwert der nächsten Bonität beträgt in der Höhe 2—3, auch 4 m. Ist die Höhe für eine Bonität 28 m, so fallen in diese Bonität auch noch Bestände mit 30 bezw. 26 m Höhe, d. h. solche, die etwa 10 % höher und etwa 10 % niedriger sind. Diese Abgrenzung findet für die Flächen desselben Landes statt. Fallen nun die Flächen etwa der I. Bonität eines anderen Landes ebenfalls in diesen Rahmen? Die unten folgende Übersicht wird zeigen, daß dies nicht der Fall ist, daß beispielsweise der Fichte I. Bonität in der Schweiz ein ganz anderer Wert entspricht, als in Preußen. In diese Übersicht ist nur die I. Bonität aufgenommen; für die übrigen Bonitäten ergeben sich nur ganz geringe Abweichungen, so daß das Ergebnis der I. Bonität für alle übrigen Bonitäten ebenfalls gelten kann.

Tabelle 86.

Reihenfolge der Länder innerhalb der I. Bonität.

Stammzahl	Kreisfläche	Höhe	Gesamtmasse (Derbholz und Reisig)	
			1. Fichte.	
600 (100)	75,6 (100)	34,5 (100)	Schweiz, Gebirge	1280 (100)
555 (93)	66,5 (88)	34,5 (100)	Schweiz, Hügelland, 80 j. .	1100 (86)
500 (83)	64,4 (85)	35,0 (102)	Süddeutschland	1100 (86)
550 (92)	64,0 (85)	31,8 (92)	Mittel- u. Norddeutschland.	1100 (86)
545 (91)	68,0 (90)	33,0 (96)	Württemberg (1899) . . .	1095 (85)
396 (66)	48,3 (64)	33,3 (97)	Preußen	826 (65)
370 (62)	52,0 (69)	34,0 (99)	Braunschweig (Derbh. allein	823)
			also ca.	900
			2. Tanne.	
505 (100)	66,2 (100)	30,0 (100)	Württemberg (1897) . . .	1124 (100)
485 (96)	63,5 (96)	31,8 (106)	Baden (1902)	1100 (98)
			3. Föhre.	
440 (100)	55,6 (100)	29,5 (100)	Baden	763 (100)
350 (80)	50,9 (92)	26,1 (88)	Hessen, Rhein-Mainebene .	641 (84)
426 (97)	44,8 (81)	28,5 (97)	Deutschland	637 (83)
—	—	27,1 (92)	Sachsen	610 (80)
448 (102)	47,5 (85)	29,2 (99)	Nordd. Tiefebene (1889). .	600 (79)
650 (148)	51,5 (93)	23,3 (79)	Hessen, Buntsandsteingebiet	591 (77)
			4. Buche.	
550 (100)	44,8 (100)	33,5 (100)	Sihlwald (1883)	803 (100)
491 (89)	42,2 (94)	29,6 (88)	Preußen (1893)	720 (90)
640 (116)	42,4 (95)	29,8 (89)	Württemberg	721 (90)
364 (66)	36,0 (80)	34,5 (103)	Oberhessen	720 (90)
627 (114)	43,2 (96)	29,4 (88)	Baden	711 (88)
440 (80)	38,7 (86)	31,7 (95)	Schweiz	680 (85)
378 (69)	36,4 (81)	32,0 (96)	Braunschweig	670 (83)
—	32,5 (72)	32,0 (96)	Preußen (1911)	583 (73)
			5. Eiche.	
281 (100)	34,3 (100)	30,9 (100)	Hessen	600 (100)
227 (81)	28,4 (83)	26,6 (86)	Preußen	441 (74)

2. Die I. Bonität verschiedener Länder zeigt sehr große Übereinstimmung hinsichtlich der Höhe; die Differenz beträgt 5—8 %, überschreitet selten 10 %. Dagegen erreicht die Differenz in der Kreisfläche und Masse vielfach 15 %, für Preußen und Braunschweig sogar 25—30 %. Fast ohne Ausnahme bleiben die im Norden Deutschlands gelegenen Länder hinter den südlichen Ländern in Kreisfläche und Masse zurück. Noch stärker tritt der Unterschied in der Stammzahl hervor, die in Preußen und Braunschweig 30 % niedriger ist, als im Süden. In der Stammzahl kommt auch die verschiedene Behandlung der Bestände zum Ausdruck. Die verschiedene Kreisfläche und Masse ist daher von den veränderten Wachstumsbedingungen und von der Behandlung der Bestände hervorgerufen. Daß letztere auf die Höhe einen verschwindend geringen Einfluß ausübt, zeigen die Zahlen über die Bestandeshöhe sehr deutlich. Die Bonitierung nach der Höhe ist daher vorzuziehen, wenn weit entlegene Länder mit einander verglichen werden sollen[1]).

§ 126. Waldbauliche Bedeutung der Bonitäten.

1. Die Bewirtschaftung und Behandlung der Bestände (Durchforstung, Verjüngung, Mischung der Holzarten, Pflanzweite) wird fast immer von der Bonität entscheidend beeinflußt. Wo die geringeren Bonitäten überwiegen, wird der ganze Charakter der Wirtschaft ein anderer sein als dort, wo die I. und II. Bonität vorherrschen. Die Wachstumsuntersuchungen auf verschiedenen Bonitäten können den praktischen Maßnahmen größere Sicherheit verleihen. Es sollen daher einige Gesichtspunkte besonders hervorgehoben werden.

2. Zunächst erhebt sich die Frage, ob der Entwickelungs- und Wachstumsgang der Bestände auf verschiedenen Bonitäten gleich ist oder nicht? Diese Frage kann im allgemeinen bejaht werden.

Das Ansteigen des Zuwachses in der Jugend, sein Verlauf vom 60. bis 120. Jahre ist auf den verschiedenen Bonitäten so gleichmäßig, daß die Kurven fast parallel verlaufen; nur auf IV. und V. Bonität sind Unregelmäßigkeiten vorhanden.

3. Mit geringen Ausnahmen ist aber der Abstand der Bonitäten unter sich in der Jugend verhältnismäßig größer als im höheren Alter (vergl. § 124, 3). Der Einfluß der Bonität auf den Charakter des Bestandes wird mit vorschreitendem Alter geringer.

Dies rührt davon her, daß der Zuwachs der V. und IV. Bonität in den späteren Jahren gegenüber dem Zuwachs in der Jugendperiode verhältnismäßig größer ist, als auf den besseren Bonitäten. Setzt man die Holzmasse im 20. Jahre = 100 und vergleicht mit dieser die Holzmasse im 100. Jahre, so ist bei der Fichte in der Schweiz (Gebirge) auf I. Bonität das Verhältnis 100: 762, auf V. Bonität 100: 1113, d. h.

[1]) Vergl. unten Abschnitt VII. Wachstumsverhältnisse.

auf der I. Bonität hat sich die Masse gegenüber der Masse im 20. Jahr auf das 7,6 fache, auf V. Bonität dagegen auf das 11,1 fache vermehrt. Anders ausgedrückt: Die Bestände auf geringeren Bonitäten bleiben hauptsächlich im Jugendstadium hinter denjenigen auf besseren Bonitäten zurück.

4. Dies kann teilweise von der Ast- und Blattmasse hervorgerufen sein. Diese zeigt die größten Verschiedenheiten. Bei der Fichte der Schweiz übertrifft die Reisigmasse der I. Bonität in allen Altersstufen die der übrigen Bonitäten; sie sinkt ziemlich regelmäßig auf der II., III., IV., V. Bonität. In Preußen oder Württemberg ist dagegen vom 50.—70. Jahre die Reisigmasse der II.—V. Bonität höher, als die der I. usw. Bei der Buche bleibt die Reisigmasse vom 60.—120. Jahre fast ganz gleich, während sie bei der Föhre vom 20. Jahr an auf allen Bonitäten sinkt.

5. Die Frage, ob für die Fichte, Buche etc. besondere Wachstumsgebiete ausgeschieden werden sollen, ist bis jetzt allgemein verneint worden. Daß die Fichte im Gebirge sich anders verhält, als in der Ebene, haben die schweizerischen Untersuchungen gezeigt. Im Hügellande nimmt die Kreisfläche der Fichte vom 60.—80. Jahre nur wenig zu. Im Gebirge dagegen ist ein stetiges Anhalten des Kreisflächenzuwachses bis in die höheren Altersklassen nachgewiesen. Im 120. Jahre ist noch kein Rückgang zu konstatieren[1]). In der Ebene und im Hügellande sind die Unterschiede der Meereshöhe zu gering, als daß sie sich im Wachstum bemerklich machen könnten.

6. Das Verhältnis der Holzarten unter sich ändert sich mit der Bonität. Zur Vergleichung eignen sich die Fichte und Buche der Schweiz, weil die Versuchsflächen beider Holzarten bunt durcheinander liegen, also dieselben Wachstumsbedingungen haben. Im 80. Jahre ist die Holzmasse der Fichte größer, als die der Buche

auf Bonität	I	II	III	IV	V
um Fm	458	405	362	321	284

„Die Fichte zeigt auf den besseren Standorten in allen Altersklassen gegenüber der Buche einen Vorsprung der mittleren Bestandeshöhe von 2—4 m. Auf den geringeren Standorten scheint der Einfluß der Bonität größer zu sein, als derjenige der Holzart, und es kann sich das angegebene gegenseitige Verhältnis zugunsten der Buche etwas verschieben.“[2])

7. Es ist nicht zu vergessen, daß die Zahlenwerte für die Bonitäten Durchschnittswerte sind. Waldbaulich ist die Einzelfläche von besonderer Wichtigkeit. Die Flächen, die über oder unter dem Durchschnitte aller Flächen einer Bonität liegen, verdienen besondere Beachtung, weil die Wirkung der Behandlung (z. B. schwache oder starke Durchforstung etc.) nur an der Einzelfläche untersucht werden kann.

[1]) Flury, a. a. O. 9, 229.

[2]) Flury, 9, 227.

Mit der Ableitung von Durchschnittszahlen, auf denen die Ertragstafeln beruhen, ist der Inhalt der Ertragsuntersuchungen nicht erschöpft. Die größere und schwierigere Arbeit, die Verwertung der einzelnen Teilergebnisse, muß sich anschließen.

8. Wenn neben den lokalen Bonitäten jedes Waldgebietes oder Landes die allgemeinen Bonitäten für jede Holzart innerhalb ihres ganzen Verbreitungsgebietes einmal festgestellt sind, wird die Verständigung in vielen wirtschaftlichen Fragen sehr erleichtert sein. Diese allgemeine Bonitätenbildung muß angestrebt werden. Die Bonitäten sind heute nach Staaten abgegrenzt. Es wäre eine große Täuschung, wenn die I. Bonität der Fichte in Preußen derjenigen der Schweiz gleich geachtet würde. Die I. Bonität Preußens (80. Jahr mit 746 Fm) entspricht höchstens der III. schweizerischen Bonität (782 Fm), der II. Sachsens (766 Fm), Württembergs (737 Fm) und Braunschweigs (ca. 740). Ebenso verhält es sich bei der Buche: I. preuß. Bon. im 100. Jahr = II. schweiz. Bon. = III. Bon. des Sihlwaldes = II. Bon. von Baden, Oberhessen, Württemberg und Braunschweig. Bei den geringeren Bonitäten ist der Abstand noch schroffer, da diese in der Schweiz nicht so tief sinken, wie anderwärts. Die V. Bonität der Fichte (80. Jahr) der Schweiz ist = II./III. in Preußen, = III./II. in Braunschweig, = III./IV. in Sachsen = III. in Württemberg.

9. Die Frage der Bonitätenausscheidung ist noch keineswegs geklärt, und bedarf noch eingehender Untersuchungen. Das jetzt vorhandene Tatsachenmaterial muß die Grundlage für die weitere Verarbeitung bilden. Die theoretischen Betrachtungen, denen man noch öfters begegnet, gehen vielfach von Voraussetzungen aus, die tatsächlich nicht vorhanden sind. Unsicherheit herrscht insbesondere noch hinsichtlich der Vergleichbarkeit der Bonitäten bei den einzelnen Holzarten. Erwächst auf einem Boden, der als II. Bonität für die Fichte gilt, auch ein Buchen-, Tannen-, Föhrenbestand II. Bonität, oder etwa ein Buchenbestand III. Bonität und ein Föhrenbestand I. Bonität? Die Wachstumsuntersuchungen in gemischten Beständen werden etwas mehr Licht über diesen Punkt verbreiten. Hiebei werden die einzelnen Faktoren der Standortsgüte (mineralischer Reichtum, Wassergehalt, Wärme des Bodens, Tiefgründigkeit etc.) getrennt werden müssen. Ein bestimmter Boden, eine bestimmte Lage können für die Fichte zu trocken sein, während sie für die Föhre noch sehr günstige Wachstumsbedingungen gewähren. Eine bestimmte Temperatur kann für die Fichte günstig, für die Tanne zu niedrig sein usw.

Solche Untersuchungen müssen zunächst auf einzelne kleinere Gebiete beschränkt werden, in denen die wichtigsten Holzarten vorhanden sind (vergl. § 162).

3. Abschnitt. Die waldbaulich wichtigen Eigenschaften der Holzarten.

§ 127. **Übersicht.**

1. Vom botanischen Standpunkte aus wären bei den einzelnen Holzarten zu besprechen: Knospen, Blätter, Blüten, Früchte, Verzweigung, Ast- und Kronenbildung, Schaftform, Rindenbeschaffenheit, Anatomie des Holzes, etwaige Varietätenbildung.

Diese Eigenschaften dürfen auch bei der waldbaulichen Besprechung der verschiedenen Holzarten nicht unbeachtet bleiben. Ihre Bedeutung liegt aber mehr auf botanisch-systematischem Gebiete. Es muß daher auf die allgemeinen botanischen und forstbotanischen Werke verwiesen werden.

2. Hier kommen vielmehr die waldbaulich wichtigen Eigenschaften der Holzarten in Betracht, d. h. diejenigen. die bei der Anzucht und Erziehung der Holzarten im Walde, im geschlossenen oder lichten Bestande den Ausschlag geben. Die Besprechung dieser Eigenschaften erfolgt sodann mit Rücksicht auf die Bodenverhältnisse und die klimatischen Einflüsse, die beim praktischen Waldbau stets in Erwägung gezogen werden müssen.

In diesem Sinne könnte der 3. Abschnitt, als die Anwendung des 1. und 2. Abschnittes und als Vorbereitung des III. Teils, des praktischen Waldbaus, bezeichnet werden. Der Stoff, den man vielfach unter dem Titel: ‚forstliches Verhalten der Waldbäume“ zusammengefaßt findet, fällt bis zu einem gewissen Grade mit dem Inhalt des 3. Abschnittes zusammen.

3. Die waldbaulich wichtigen Eigenschaften der Holzarten sind:
a) die Fähigkeit, Schatten zu ertragen,
b) die Transpiration,
c) die Bewurzelung,
d) die Lebensdauer,
e) die Fortpflanzung,
f) das Verhalten im geschlossenen Bestande,
g) die Wachstumsverhältnisse.

I. Die Fähigkeit der Holzarten, Schatten zu ertragen.

§ 128. **Geschichtliches.**

1. Die Beobachtung im Walde lehrt, daß unter dem Kronendach geschlossener Bestände sich einzelne Holzarten ansiedeln und längere oder kürzere Zeit lebend erhalten (Tanne, Buche, Eibe, Fichte), während dies bei anderen Holzarten (Lärche, Föhre, Birke) nicht der Fall ist.

Die erstere Gruppe pflegt man als „schattenertragende“ oder als „Schattholzarten“, die letztere als „lichtfordernde“ oder als „Lichtholzarten“ zu bezeichnen.

Der Ausdruck „Licht-“ und „Schattenholzarten“ ist nicht ganz zutreffend und auch nicht erschöpfend. Denn unter dem Kronendach ändern sich außer dem Lichte auch die übrigen Wachstumsfaktoren. Sodann ist dabei nicht klar hervorgehoben, daß alle Pflanzen „Licht fordern“ und daß alle um so besser wachsen, je höher der Lichtgenuß ist. Man hat sogar von „schattenliebenden“ Holzarten gesprochen und an diese Unterscheidung weitgehende praktische Folgerungen über die Erziehung unserer Holzarten im Jugendstadium geknüpft. „Schattenliebende“ Holzarten gibt es nicht, was nach den oben § 29—41 gemachten Darlegungen keiner weiteren Ausführung mehr bedarf. Teilweise mag eine Verwechslung dieser Auffassung zugrunde liegen, sofern es sich nicht um geringeren Lichtgenuß, sondern um höhere Bodenfeuchtigkeit handelt.

Die Eigenschaft der Holzarten, Schatten zu ertragen, ist die Fähigkeit, unter dem Kronendach älterer Bäume noch zu transpirieren, zu assimilieren und zu wachsen.

2. Die Fähigkeit der Holzarten, Schatten zu ertragen, hat bereits bei den ältesten Schriftstellern (Göchhausen) Erwähnung gefunden. Es wird aber von ihnen vielfach Beschattung, also Lichtentzug mit dem Schutze gegen Frost etc. zusammengefaßt. Eine klare Scheidung hat aber schon J. G. Beckmann 1755 vorgenommen. Er frägt, ob der Schatten dem jungen Holze überhaupt nützlich oder schädlich sei und antwortet; er ist ihm schädlich; dem jungen Holze ist Sonnenschein zum Wachstum unentbehrlich[1]). Er will die Schläge Jahr für Jahr von N oder O geführt wissen, nicht wegen des Windes, sondern um des Schattens willen, welcher das gesäte junge Holz nicht treffen soll. Zwischen dem angesäten Teile und dem alten Holze liegt nämlich bei seiner Methode ein holzleerer Streifen von ca. 120 m. Das ganz junge Holz kann weder vom alten Bestande, noch von dem je ein Jahr älteren Saatbestande bei einer von N nach S, oder auch von O nach W laufenden Hiebsrichtung beschattet werden. Durch diese Sätze wurde Beckmann in eine literarische Fehde mit Döbel und Büchting verwickelt. Die damals aufgeworfene Streitfrage hat bis in die neueste Zeit herein die verschiedenste Beantwortung erfahren. Sehen wir zunächst, wie sie sich geschichtlich entwickelt hat.

3. Die ältere Auffassung ging vielfach dahin, daß die jungen Pflanzen der Beschattung bedürfen (teilweise wegen des Frostes). Burgsdorf spricht 1788 von Schutz und Schatten gegen Dürre, Frost, Vergrasung. Von Interesse sind sodann Beobachtungen Fingers[2]) aus der Gegend von Kassel (1798). Buche, Esche, Ahorn, Hainbuche wachsen nach Finger am besten unter ihren Mutterbäumen; sie müssen in dortiger Gegend (Buntsand) im Schatten erzogen werden. Auf gutem Boden erfordern sie weniger Schatten, als auf schlechterem. In einem dicken Wald aber, wo die Sonne nicht durchscheinen kann, erfolgt kein Aufwuchs. Wenn man da Samenaufwuchs haben will, muß man dem Ort eine Abwechslung von Schatten und Sonnenschein zu verschaffen suchen.

Die Bedeutung des Lichtes für Wachsen und Blühen der Holzpflanzen hebt 1800 Borkhausen[3]) scharf hervor, ohne bei den einzelnen Holzarten näher auf diesen Wachstumsfaktor einzugehen.

4. G. L. Hartig unterscheidet (1808) anhaltenden Schatten von der abwechselnden Beschattung. Die Eiche erträgt anhaltenden Schatten nicht und gedeiht sogar besser im Freien. Die Buche will einige Jahre beschattet sein; Hainbuche erträgt Schatten nicht. Tanne fordert, Fichte liebt, Föhre erträgt nur einige Jahre abwechselnde Beschattung. Über die Lärche und die

[1]) Holzsaat [4] 194. Es liegt mir nur die 4. Aufl. von 1777 vor (erste Aufl. 1755).

[2]) Über Besamung und Bepflanzung von Laub- und Nadelholz. 1798. S. 6.

[3]) Forstbotanik. 1, 242.

übrigen Holzarten fehlen Äußerungen. Hartig war bis 1808 in Hessen, Nassau und Württemberg tätig.

5. Nach Cotta (1815) verlangen die großen und schweren Samenarten von Buche, auch Eiche mehr Schatten, als solche, die der Wind weit umherführt. Von Ulme, Esche, Ahorn, Hainbuche, Linde meint Cotta, daß sie sowohl im Schatten, als im Freien, aber doch besser im Schatten wachsen. Auch für die Föhre ist der Schatten im ersten Jahr wohltätig. Cotta machte seine Beobachtungen in Thüringen und Sachsen.

6. Pfeil widmet 1821/22 — bis dahin war Pfeil in Ostpreußen praktisch tätig gewesen — in seinem Werke „Das forstliche Verhalten der deutschen Waldbäume" der Beschattung bei jeder Holzart je einen besonderen Abschnitt. Er unterscheidet unmittelbare Überschirmung von Seitenschatten und Seitenschutz. Die meisten Holzarten ertragen „mäßige" Beschattung in den ersten Jahren. Die Tanne kann nur unter Beschattung erzogen werden. Birke, Lärche ertragen Beschattung gar nicht, Föhre nur im ersten Jahre. Die Fichte dauert unter dem Mutterbaum nicht aus, muß bald freigestellt werden; Seitenschatten ist wohltuend. Verdämmte Eichen erholen sich nicht.

7. Hundeshagen[1]) (zuerst in kurhessischen Diensten, dann Professor in Tübingen) (1821) kommt bei einigen Holzarten auf das Schattenertragen zu sprechen. Ahorn, Esche, Hainbuche, Buche, Tanne ertragen den Schatten, einigen Schatten kurze Zeit auch Ulme, Erle, Birke. Unter Schirm leiden Föhre und Lärche.

8. Zötl[2]) (1831) geht von den Verhältnissen des Hochgebirges in Tirol und Salzburg aus. Das Licht ist der Hauptfaktor des Wachstums. Föhre, Lärche, Birke, Eiche ertragen den Schatten nicht; Buche und Tanne fühlen sich in mäßigem Schatten behaglich. Die Auswahl der Holzarten ist nach der Abdachung und Neigung, dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen und dem Schluß vorzunehmen.

9. Gwinner geht 1834 auf das Schattenertragen nur bei den Verjüngungsschlägen kurz ein.

10. Th. Hartig[3]) (zuerst in Berlin, dann in Braunschweig Dozent) bespricht 1840 bei jeder Holzart kurz die Eigenschaft, Schatten, sowohl Seitenschatten als Überschirmung zu ertragen. Von der Fichte heißt es S. 20: Den Seitenschatten verträgt die junge Fichte recht gut; unter unmittelbarer Überschirmung kommt sie aber nicht auf. Die Tanne verlangt viel und lange Schutz vom Mutterbaum. Die Lärche ist sogar gegen Seitenschatten empfindlich. Die in der Jugend stark beschattete Föhre erholt sich nicht.

Die Buche, ebenso die Hainbuche, der Bergahorn ertragen sehr lange Schatten, der das spätere Wachstum im Freistande nur wenig zurücksetzt. Die übrigen Laubhölzer Esche, Eiche ertragen nur wenig, oder, wie Birke, keinen Schatten.

11. v. Greyerz[4]) (in Kronach ?) „gehört (1843) schon lange zu denen, welche von Licht und Sonne in Verbindung mit Feuchtigkeit einen weit wohltätigeren Einfluß auf die Erziehung der Jungwüchse, als von Schatten und Schirm bemerkten". Es sei eine unermeßliche Holzmasse dadurch verloren gegangen, weil die Pflanzen im Schatten verweichlicht werden. „Sollen sie erst dann frei werden, wenn sie durch langes Kümmern, das wir aus Gewohnheit kaum bemerken, sich hindurch gearbeitet haben" ?

---

[1]) Encyklopädie etc. ²280.

[2]) Forstw. im Hochgeb. 143.

[3]) Vollst. Naturgesch. der forstl. Kulturpfl. Deutschlands.

[4]) F. Z. 1843, 480.

12. Der erste, der eine systematische Gruppierung der Holzarten nach dem Schattenertragen vornahm, war (1849) Seidensticker in Aerzen bei Hannover[1]). Es bedürfen der Überschirmung: in der Jugend Ahorn, Buche, Walnuß, Tanne. Geduldet wird die Überschirmung von Esche, Mehlbeere, Eibe; in den ersten Lebensjahren auch von Eiche, Kastanie, Fichte, Hainbuche. Überschirmung lieben nicht: Erle, Birke, Föhre, Lärche, Pappel, Aspe, Kirsche, Akazie, Eiche (im vorgerückten Alter), Weide, Linde, Ulme. Den Seitenschatten können selbst Birken, Aspen, Ulmen und die Weiden ertragen. Wo diese Beobachtungen gemacht wurden, ist nicht näher angegeben.

13. 1852 stellte G. Heyer[2]) — wohl vorherrschend auf Grund von Beobachtungen in Hessen — eine Klassifikation der Holzarten nach der Fähigkeit, Schatten zu ertragen, auf. Die Holzarten folgen sich in absteigender Reihenfolge: Fichte und Tanne ertragen am meisten, Lärche am wenigsten Schatten.

1. Fichte, Tanne.
2. Buche, Schwarzföhre.
3. Linde, Wallnuß, Kastanie, Hainbuche.
4. Eiche.
5. Esche.
6. Ahorn, Obstbaum, Erle, Ruchbirke.
7. Weymouthskiefer.
8. Kiefer.
9. Ulme.
10. Birke, Aspe.
11. Lärche.

Einige Jahre später (1856) änderte Heyer diese Reihenfolge ab[3]); er setzte „nach Beobachtungen in verschiedenen Gegenden Deutschlands" die Tanne vor die Fichte und die Esche vor die Eiche. Tanne und Buche bedürfen in der Jugend des Schattens; Schatten ertragen in der Jugend die oben unter 2—5 aufgeführten Holzarten.

Die obige Reihenfolge bezieht sich auf Bodenarten mittlerer Güte. „Wenn die Standortsbeschaffenheit sehr günstig ist, so erleidet das Verhalten der Holzarten bemerkenswerte Modifikationen. Diese bestehen hauptsächlich darin, daß die lichtbedürftige Holzart auf gutem Boden und in milder Lage die Fähigkeit annimmt, im Schatten zu gedeihen, und umgekehrt Tanne, Fichte und Buche, welche unter den gewöhnlichen Verhältnissen in früher Jugend Schatten verlangen, auch im Freien fortkommen[4])".

Diese Reihenfolge G. Heyers fand weder bei den forstlichen Botanikern, noch bei den Forstwirten Beachtung. Die von Karl Heyer 1854 herausgegebene 1. Auflage und die von Gustav Heyer selbst 1864 herausgegebene 2. Auflage des Waldbaus enthalten die Reihenfolge nicht; in letzterer wird jedoch auf die Schrift von 1852 hingewiesen.

Erst in die dritte Auflage von 1878 wird die Reihenfolge von 1856 aufgenommen; es werden aber die Laubhölzer und Nadelhölzer je für sich gruppiert. Mit unwesentlichen Änderungen ist diese Reihenfolge von Heß in der 4. (1891) und 5. Auflage (1906) von Heyers Waldbau wiederholt worden.

14. Der Botaniker Döbner stellte unabhängig von Heyer 1859 eine Gruppierung der Holzarten auf[5]). Er begegne sich mit Heyer „in den Ansichten,

---

[1]) F. Z. 1849, 90.

[2]) Das Verhalten der Waldbäume gegen Licht und Schatten, 1852.

[3]) Forstl. Bodenkunde und Klimatologie 1856, S. 372 f.

[4]) A. a. O. 377.

[5]) F. Z. 1859, 173.

die vom forstlichen Publikum noch nicht hinlänglich gewürdigt zu werden scheinen". Nach Döbner sind

lichtliebend	schattenliebend
Eiche, Birke, Föhre, Lärche, Erle, Aspe, Sahlweide.	Buche, Fichte, Tanne, Hainbuche, Linde, Esche, Ulme, Ahorn.

15. Selbständige Wahrnehmungen wurden von C. Fischbach in seinem „Beobachtungskreise" in Württemberg gemacht. In der 1. Auflage seines Lehrbuchs der Forstwissenschaft (1856) erwähnt er das Schattenertragen einzelner Holzarten nur bei den Verjüngungshieben. Dagegen gibt er in der 2. Auflage (1865) bereits eine eigene Reihenfolge bekannt und stellt sie der Reihenfolge G. Heyers, die er ebenfalls anführt, gegenüber. Sie lautet: 1. Buche, 2. Tanne, 3. Arve, 4. Fichte, 5. Esche, 6. Hainbuche, 7. Schwarzföhre, 8. Eiche, 9. Ahorn, 10. Ulme, 11. Erle, 12. Föhre, 13. Lärche, 14. Aspe, 15. Birke. In der 3. Auflage (1877) S. 44 ist die Reihenfolge im allgemeinen beibehalten; als 3 a ist die Weymouthskiefer eingeschoben. Bei der Eiche wird (8) Trauben- und (10 a) Stieleiche unterschieden. In der 4. Auflage (1886) S. 4 wird (6 a) Spitzahorn besonders aufgeführt und die Erle vor die Ulme gestellt; endlich als 13 a die Kastanie eingefügt. Die Reihenfolge Fischbachs stimmt mit derjenigen Heyers nur in den Holzarten 12—15 überein, sonst aber weicht sie sehr bedeutend, insbesondere bei Esche, Weymouthskiefer, Kastanie von ihr ab. Fischbach war in Württemberg und Hohenzollern als praktischer Forstmann tätig. Sein Inspektionsbezirk erstreckte sich auch auf den hohenzollernschen Waldbesitz in Böhmen, in Holland, bei Frankfurt a. O. und Köslin.

16. 1866 gibt Landolt[1]), wohl nach seinen Beobachtungen in der Schweiz, eine Gruppierung der Holzarten an, die von derjenigen Heyers etwas abweicht. Viel Schatten ertragen Eibe, Tanne, Buche, dann folgen Fichte, Hainbuche, fernerhin Linde, Ulme, Ahorn, Esche, Erle. Starke Lichteinwirkung fordern Föhre, Eiche, Lärche, Aspe, Birke.

17. Kraft[2]) hat zuerst (1878) durch einen Versuch die Fähigkeit verschiedener Holzarten, den Schatten eines ca. 34 jährigen Eichenbestandes zu ertragen, in der Oberförsterei Misburg (Hannover) festgestellt. Die Eichen waren 3,5 m weit gepflanzt, 14—16 m hoch und etwa zu 0,5 von Ästen gereinigt; der Abstand der Krone vom Boden betrug also ca. 7 m. Mäuse und Frost brachten einige Störungen; die beschädigten Holzarten sind wegzulassen. Die Abweichungen von Heyers Reihenfolge treten bei Ahorn und Fichte besonders hervor.

Skala von Kraft.

Nadelholz:	Laubholz:	Laub- und Nadelholz
1. Tanne.	1. Buche.	1. Buche, [1]a) Tanne.
2. Fichte.	2. Hainbuche.	2. Hainbuche.
3. Weymouthsföhre.	3. Spitzahorn; [3]a) Bergahorn.	3. Spitz-; [3]a) Bergahorn.
4. Lärche.	4. Esche.	4. Fichte.
5. Schwarzföhre.	5. Birke.	5. Esche.
6. Föhre.		6. Birke; [6]a) Weymouthsföhre.
		7. Lärche.
		8. Schwarzföhre.
		9. Föhre.

[1]) Der Wald. S. 119.
[2]) F. Z. 1878, 164.

18. Gayer kam zu der Überzeugung, daß die Reihenfolge von G. Heyer „auf Grund vielfacher Prüfung (in Bayern) mehrfältiger Verbesserung bedürfe". Er stellt in seinem „Waldbau"[1]) 1880 eine neue Reihenfolge auf, die er in der 4. Auflage[2]) in der Hauptsache beibehält. Diese letztere lautet:

1. Tanne, Eibe.
2. Buche.
3. Hainbuche.
4. Fichte.
5. Weißerle, Linde, Weymouthsföhre, Ahorn, Arve.
6. Ulme, Schwarzerle, Schwarzföhre.
7. Eiche, Esche, Kastanie, Legföhre.
8. Föhre, Aspe, Weide.
9. Lärche, Birke.

Die Hauptänderung gegenüber der Reihenfolge von 1880 wurde bei der Fichte vorgenommen. Während 1880 Fichte und Buche vor der Hainbuche standen, ist 1898 die Fichte von Gayer an die 4. Stelle gerückt.

19. Borggreve[3]) hält jede Abhaltung von Sonnenstrahlung für ungünstig (hauptsächlich wegen Verminderung der Wärme). Das Verhältnis des Wachstums verschiedener Holzarten wird nach ihm nicht wesentlich durch die Beschattung verschoben. 1891 wiederholt er die obigen Sätze und fügt hinzu, daß der völlige Ausschluß der Sonnenstrahlen den Wuchs unserer Waldbäume nicht in erkennbarer Weise im ersten Jahrzehnt schädige. Daß die schattenliebenden Holzarten den Schirmdruck relativ lang ertragen, beruhe auf langsamer Jugendentwickelung; sie seien unfähig, die Sonnenwirkung auszunutzen. Der Abschluß der Sonne halte das Wachstum unerheblich zurück.

20. Gustav Wagener glaubt 1884[4]) trotz der abweichenden Angaben nicht fehl zu gehen, wenn er Buche, Tanne, Fichte, Hainbuche zu den schattenertragenden, alle übrigen Waldbäume, Weymouths- und Schwarzföhren vielleicht ausgenommen, zu den lichtbedürftigen Holzarten zähle.

21. Ney[5]) führt 1885 auf Grund seiner hauptsächlich in Elsaß-Lothringen gemachten Beobachtungen — die Holzarten in nachstehender Reihenfolge auf: 1. Tanne, 2. Buche, 3. Hainbuche, 4. Fichte, 5. Weymouthsföhre, 6. Kastanie, 7. Linde, 8. Ulme, 9. Akazie, 10. Aspe, 11. Birke, 12. Ahorn, 13. Föhre, 14. Erle, 15. Eiche. 16. Esche, 17. Lärche.

22. Boppe und Jolyet[6]) erwähnen 1901, daß in Frankreich vielfach die Schattholzarten als empfindliche (délicates), die Lichtholzarten als widerstandsfähige (robustes) bezeichnet werden[7]). Nach Boppe verlangen alle Holzarten Licht; dagegen fordern in der frühen Jugend einige volles Licht, andere bedürfen des Schutzes (abri). Zwischen diesen Extremen ist die Fähigkeit, Schatten zu ertragen, nach verschiedenen Graden abgestuft. Lichtfordernd sind: Föhre, Lärche, Eiche, Ulme, Birke, Aspe; Schatten ertragen Buche und Tanne; eine Mittelstellung nehmen ein Fichte und Hainbuche.

23. Perona unterscheidet 1892[8]) für Italien Licht- und Schattholzarten. Zu den Lichtholzarten zählt er: Lärche, Birke, Pappel, Weide, Eiche (mit abfallendem Laub), Föhre, Aleppo- und Seeföhre; zu den Schattholzarten: Eibe, Tanne, Fichte, Buche, Hainbuche.

---

1) [1] S. 44.

2) [4] 1898, S. 32.

3) Holzzucht. [1] 1885. S. 76. [2] 1891. 126.

4) Waldbau, S. 149.

5) Waldbau, S. 68.

6) Les Forêts S. 36.

7) Insbesondere von Lorentz und Parade Culture des Bois, 1837. Sie unterscheiden die Widerstandsfähigkeit gegen Kälte und Sonnenhitze; die Fähigkeit, Schatten zu ertragen, tritt hinter jenen Eigenschaften zurück.

8) Economia forestale. S. 24.

24. Mayr[1]) bildet 1909 die Gruppen:

Schattenholzarten: Eibe, Buche, Tanne, Fichte;

Halbschattenholzarten: Hainbuche, Linde, Ahorn, Esche, Ulme, Erle, Weymouthsföhre, Arve, Akazie;

Lichtholzarten: Eiche, Föhre, Lärche, Weide, Pappel, Birke.

Mayr (ursprünglich in Bayern ausgebildet, wirkte als Dozent in Japan, bereiste Nordamerika etc. und war später Professor in München), führt auch mehrere ausländische Holzarten in die obigen Klassen ein; sie wurden aber hier weggelassen.

25. Engler hat über „das Verhalten der Schatten- und Lichtpflanzen der Buche", insbesondere den Laubausbruch, langjährige Beobachtungen bei Zürich angestellt und diese durch besondere Versuche ergänzt[2]). Er kommt zu folgenden, waldbaulich wichtigen Ergebnissen[3]): „Die im Schatten gebildeten Knospen treiben früher aus als die im stärkeren Licht entstandenen". „Verpflanzt man junge, unter Bestandesschirm erwachsene Buchen ins Freie, oder bringt man umgekehrt unbeschirmte Buchenpflanzen aus dem Freien in den Schutz des Waldes, so behalten die Pflanzen kürzere oder längere Zeit ihre spezifischen, unter bestimmten Lichtverhältnissen erworbenen Eigenschaften auf dem neuen Standorte bei. Sie vermögen sich nur nach und nach den neuen Lichtverhältnissen anzupassen". „...... Die Schattenbuchen behalten im Freien die unter Schirm angenommene Gestalt (Zweig- und Blattstellung) eine Reihe von Jahren bei und verändern dieselbe nur allmählich in einer den neuen Lichtverhältnissen entsprechenden Weise". „Auch die spezifischen Eigentümlichkeiten im anatomischen Bau der Blätter verlieren Licht- und Schattenbuchen nach vollzogenem Wechsel der Beleuchtung erst nach und nach". „Die Nachwirkungen der Lichtintensität sind aber bei jungen, 1—3 jährigen Pflanzen unbedeutend und Schatten- und Lichtpflanzen können daher ohne besondere Gefährde ans Licht oder in den Schatten versetzt werden. Nur beim Anbau im Freien ergab sich ein kleiner Unterschied im Gedeihen der Pflanzen zugunsten der Lichtbuchen". „Direktes Sonnenlicht begünstigt das Austreiben von Licht- und Schattenknospen. Intensive Bestrahlung ist sowohl dem Schwellen der Knospen, wie dem Hervorbrechen und der Ausbildung der Blätter förderlich". Engler zieht aus seinen Untersuchungen Folgerungen für die Praxis des Waldbaus[4]), auf die weiter unten näher eingegangen werden wird.

26. Die Gruppierung der Holzarten ist nicht nur bei verschiedenen Schriftstellern eine abweichende, sondern derselbe Autor nimmt zu verschiedenen Zeiten Änderungen in der Reihenfolge vor. Selbst über eine so weit verbreitete Holzart wie die Fichte, ist keine Übereinstimmung der Autoren vorhanden. Die Reihenfolgen beruhen vorherrschend auf Wahrnehmungen, die von den einzelnen Schriftstellern in ihrem Wirkungskreise gemacht wurden; manchmal sind diese durch Beobachtungen auf Reisen erweitert worden.

Sie stammen teils aus Nord- und Mittel-, hauptsächlich aber aus Süddeutschland, sodann aus Österreich und der Schweiz, aus Frankreich und Italien. Die südlicher gelegenen, wärmeren und sonnenscheinreicheren Gegenden sind im allgemeinen mehr vertreten, als die nördlichen. Das Beobachtungsmaterial weist also noch erhebliche Lücken auf.

---

[1]) Waldbau S. 103.

[2]) Mitt. d. Schweiz. V. A. 10, 107 (1911).

[3]) 161.

[4]) 167.

Wie die Beobachtungen angestellt wurden und wie die Gruppierung der Holzarten zustande kam, darüber fehlen fast immer die näheren Angaben. Eine Ausnahme machen die Versuche von Kraft und einzelne Andeutungen von Ney.

Die meisten Angaben beruhen auf Beobachtungen in älteren Beständen, in deren Schatten die verschiedenen Holzarten vorgefunden wurden. Solche Beobachtungen sind aber mehr oder weniger zufälliger Natur und mit zahlreichen Fehlerquellen behaftet. Der Grad der Beschattung bei derselben Holzart, die Beschattung durch verschiedene Holzarten sind in der Regel nicht näher angegeben („mäßige Beschattung, Halbschatten"). Die unter dem alten Bestande angeflogenen Holzarten müssen nach Zahl und Alter verschieden sein, je nachdem die einzelnen Arten im alten Bestande oder in der Nähe vertreten sind und Samen tragen. Ob Samen von allen im alten Bestande vertretenen Holzarten auf den Boden gelangten, ist nicht genau bekannt; ebenso wenig, ob die Samen keimten, wie lange die Keimpflanzen am Leben blieben, wie die Pflanzen sich gegenseitig in der Entwickelung beeinflußten, welchen Schädigungen (Wild) sie ausgesetzt waren. Ob Boden und Himmelslage für alle Pflanzen dieselben waren, ist ebenfalls nicht festgestellt.

Unbestimmt sind auch Bezeichnungen wie: Schatten fordern, lieben, ertragen. Endlich fehlt fast durchweg die Angabe, auf welches Alter sich die Eigenschaft des Schattenertragens bezieht. Diese Eigenschaft ändert sich aber mit dem Alter der Pflanzen. Eiche und Esche verhalten sich schon mit 20 Jahren anders, als in der frühesten Jugend. Bei diesen Unsicherheiten in den Angaben der einzelnen Autoren kann es nicht auffallen, daß die Urteile über das Schattenertragen der Holzarten nicht übereinstimmen. Dieser Mangel ist um so empfindlicher, als die Lehre vom Schattenertragen der Holzarten von weitgehendem Einfluß auf die ganze Wirtschaft ist. Dies soll nun im einzelnen gezeigt werden.

§ 129. Die praktische Bedeutung der Fähigkeit des Schattenertragens.

1. Die Eigenschaft des Schattenertragens kommt hauptsächlich in Betracht bei der natürlichen Verjüngung. Welche Holzart sich unter dem alten Bestande bei einem bestimmten Schlußgrade ansiedelt, wie lange sie sich unter dem Kronendach zu erhalten vermag, ist bei der Einleitung der Verjüngung und beim langsameren oder rascheren Abtrieb des alten Bestandes Gegenstand der Erwägung und Beobachtung. Die Verjüngungshiebe werden verschieden stark geführt, wenn es sich um „schattenertragende" (Buche, Tanne), als wenn es sich um „lichtfordernde" Holzarten (Föhre, Lärche) handelt.

2. Die Verdämmung durch Gras und Gestrüpp ist bei „schattenertragenden" Holzarten weniger schädlich, als bei „Lichtholzarten".

3. Das Ausscheiden und Dürrwerden des Nebenbestandes geht bei „Schattholzarten" weit langsamer vor sich, als bei „Lichtholzarten". Erstere werden daher auch als zählebig bezeichnet. Die Durchforstung kann bei ersteren später beginnen und schwächer ausgeführt werden, als bei letzteren. Die schattenertragenden Holzarten lassen sich leichter als Zwischenstand erhalten als die Lichtholzarten.

4. Die Lichtwuchsbetriebe müssen sowohl wegen der beschattenden Oberbäume, als wegen des etwa einzubringenden Unterholzes

(Bodenschutzholzes) nach der Fähigkeit der Holzarten, Schatten zu ertragen, modifiziert werden.

5. Eine entscheidende Rolle spielt die Eigenschaft, Schatten zu ertragen, bei der Anzucht und Behandlung der gemischten Bestände.

6. Auch die Entwickelung der Bewurzelung ist von der Fähigkeit, Schatten zu ertragen, beeinflußt.

7. Die Ansiedlung von Gras, Moos, Heide, Heidelbeere, von Kräutern und Stauden unter dem Bestande steht mit der Eigenschaft dieser Pflanzen, den Schatten zu ertragen, im Zusammenhang.

8. Praktisch von großer Wichtigkeit ist endlich die Frage, wie das Wachstum solcher Pflanzen sich gestaltet, die lange Zeit unter dem geschlossenen Bestande erwachsen sind. Sind sie imstande, nach der Freistellung sich zu normalen Stämmen zu entwickeln oder werden sie nur zu geringwertigen und verkrüppelten Bäumen erwachsen können?

9. Daß die Einreihung der Holzarten in gewisse Klassen für praktische Fälle nicht genügt, geht z. B. aus der Aufgabe, einen aus Fichten, Tannen und Buchen gemischten Bestand natürlich zu verjüngen, hervor. Wie müssen die Hiebe geführt werden, damit die drei genannten Holzarten im Jungwuchs sich einstellen? Die in § 128 mitgeteilten Reihenfolgen stellen zwar Buche und Tanne unter den schattenertragenden Holzarten voran, die Fichte pflegt als lichtbedürftiger zu gelten. Aber bald lautet die Reihenfolge: Buche, Tanne, Fichte, bald Tanne, Buche, Fichte, bald Tanne, Fichte, Buche. Praktisch ist es aber keineswegs gleichgültig, ob die eine oder die andere Holzart vorangestellt wird; bei einer fehlerhaften Schlagstellung kann die geplante Verjüngung mißlingen. Ähnliches gilt für Buche und Esche, Ahorn oder Eiche. Wir müssen also eine Reihenfolge jedenfalls der wichtigsten Holzarten aufzustellen suchen.

10. Die Unterscheidung von Licht- und Schattenholzarten hat Fricke[1]) als nicht begründetes Dogma hingestellt. Ihm trat besonders Cieslar[2]) entgegen.

Die wissenschaftliche und praktische Bedeutung der Frage kann einem Zweifel nicht unterliegen. Fricke hat die Erscheinung des geringen Wachstums bei Beschattung hauptsächlich auf den Wasserentzug zurückführen wollen. Der Faktor der Feuchtigkeit ist bei dem schließlichen Resultat unzweifelhaft wirksam; ob aber der Einfluß des Lichtentzugs oder des Wasserentzugs überwiegt, ist die Frage, die beantwortet werden muß.

---

[1]) Centralbl. f. d. g. Fw. 1904, 315.

[2]) A. a. O. 1909, 4; vergl. auch Fürst, Fw. Centralbl. 1905, 1.

§ 130. Die Ergebnisse von Versuchen. Neue Reihenfolge der Holzarten.

1. Seit 1888 habe ich Versuche über den Einfluß der Beschattung bezw. das Schattenertragen der Holzarten angestellt. Unter dem geschlossenen Kronendach von Fichten, Tannen und Buchen, also bei natürlicher Beschattung wurden in unmittelbar neben einander gelegenen Beeten die verschiedenen Holzarten gesät oder 1-, auch 2 jährig gepflanzt. Der Boden wurde vor der Saat oder Pflanzung umgehackt und verebnet. Die Versuche selbst wurden an Stellen mit gleichmäßiger und dichter Beschattung ausgeführt. Die Keimung der Samen, die Entwickelung der Keimlinge und das Wachstum der 1- und mehrjährigen Pflanzen wurde je für sich beobachtet. Auf diese Weise konnte ein tieferer Einblick in die einzelnen Stadien gewonnen werden.

In der Schweiz (unter 20—100 jährigen Buchen und Fichten bei Zürich und Haidenhaus) wurde nur gepflanzt, in Württemberg (unter 15—100 jährigen Fichten, Tannen, Buchen bei Tübingen, in den Forstbezirken Oberndorf und Entringen) wurde teils gesät, teils gepflanzt.

2. Die Ergebnisse dieser Saaten lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

a) Die Samen sämtlicher Holzarten keimen, auch im dichtesten Schlusse. Die Keimlinge erscheinen aber nicht, wie im Freien, nach 3—4, sondern erst nach 8—12 Wochen. Buchensame keimte sogar noch im 2. Jahr.

b) Es gelangen im allgemeinen unter dichtem Schlusse ganz wenige Körner zur Keimung; nur Schwarzerle, Bergahorn, Fichte, Tanne, Föhre keimten unter jungen Tannen reichlicher. In einer Lücke eines 100-jährigen Buchenbestandes (Lichtversuch 4) dagegen erschienen bei allen Holzarten zahlreiche Keimlinge. Wenn das Oberlicht abgeschlossen ist, kommen weniger Keimlinge zur Entwickelung, Vorderlicht von Süd oder Nord bringt nur geringe Vermehrung der Keimlinge.

c) Die Keimlinge haben im dicht geschlossenen Bestande nur ganz kurze Lebensdauer; nämlich von 1 Monat: Lärche, Birke, Stiel- und Trauben-Eiche, Schwarzerle, Weißerle; von 2—3 Monaten: Föhre, Weymouthsföhre, Schwarzföhre, Buche, Esche; von 4—6 Monaten: Bergahorn, Spitzahorn, Hainbuche, Linde, Fichte, Tanne, Bergföhre.

Einzelne Pflanzen von fast allen Holzarten dauern auch 1—2 Monate länger aus. Das geringe Vorderlicht, das von einem fast ganz überwachsenen Wege herrührt, verlängert die Dauer um 1—2 Monate. 17 Monate erhielten sich am Leben unter 15 jährigen Tannen: Bergahorn, Fichte, Bergföhre, Weymouthsföhre.

d) Unter dem Schlusse junger Tannen gehen fast alle Keimlinge noch im ersten Sommer zugrunde.

e) Anders unter dem vollen Schluß alter Buchen. Einige Keimlinge sterben allerdings auch im ersten Sommer ab: Föhre nach 2, Birke nach 3, Lärche nach 4, Erle nach 6 Monaten. Dagegen dauern bis jetzt (1913) 6—8—9 Jahre aus: Fichte, Tanne, Buche, Bergahorn, Stieleiche, Ulme. (Die Beobachtung wird fortgesetzt.)

f) In einer Lücke desselben Buchenbestandes haben sich alle Holzarten, mit Ausnahme von Birke und Lärche, 9 Jahre erhalten.

g) Beim Einfall von Nord- und Südlicht unter das geschlossene Kronendach 100 jähriger Buchen verschwinden Lärche und Föhre nach 2 Monaten; die übrigen Holzarten dauern 8—9 Jahre aus.

Unter einem vollständig geschlossenen 100 jährigen Buchenbestande vermögen sich die weitaus meisten Pflanzen mehrere Jahre am Leben zu erhalten.

3. Bei den Pflanzungen wurde das Schattenertragen der einzelnen Holzarten dadurch festgestellt, daß die Zahl der Pflanzen erhoben wurde, welche nach einer bestimmten Zeit dürr geworden waren.

a) Unter 15 jährigen Tannen ergab sich, daß alle Pflanzen dürr waren: bei Lärche nach 2, Föhre nach 5, Fichte nach 7, Buche nach 14, Esche nach 15, Bergahorn nach 18, Stieleiche nach 25 Monaten.

b) Unter 100 jährigen Buchen sind sehr viele Pflanzen noch nach 9 Jahren am Leben. Hier wurde die Eigenschaft des Schattenertragens dadurch bestimmt, daß, nachdem sämtliche Lärchen dürr waren, eine Untersuchung bei allen Holzarten vorgenommen wurde. Es ergab sich nun, daß nach 53 Monaten dürr waren in Prozenten der ursprünglichen Zahl bei Lärche 100, Birke 96, Föhre 73, Akazie 71, Hainbuche 70, Buche 54, Bergahorn 14, Stieleiche 4.

Eine Gegenüberstellung der Reihenfolgen aus der Schweiz und bei Tübingen ergab eine weitgehende (in Zahlen ausgedrückte) Übereinstimmung. So erschienen bei Zürich, Haidenhaus, Tübingen als die am meisten Schatten ertragenden Pflanzen: Bergahorn, Esche, Linde, Kastanie, Buche, Eiche, Tanne; am wenigsten Schatten ertragen an den drei genannten Orten Birke, Lärche und die Föhrenarten.

4. Auf Grund langjähriger und geographisch weit ausgedehnter Beobachtungen und unter Berücksichtigung besonderer, zum Teil 22 jähriger Versuche konnte ich nachfolgende Skala aufstellen, die für Lagen bis ca. 1200 m ü. M. Gültigkeit hat.

Sie beginnt mit Eibe und Tanne, die am meisten Schatten ertragen.

Tabelle 87.

Reihenfolge der Holzarten in der Jugendperiode nach der Fähigkeit, Schatten zu ertragen.

Nadelhölzer:	Laubhölzer:
1. Tanne, Eibe;	
	2. Buche, Hainbuche, Edel-Kastanie;
	3. Ulme;
	4. Esche;
	5. Bergahorn;
6. Fichte;	
	7. Eiche;
	8. Linde, Schwarzerle, Weißerle,
9. Arve, Weymouthsföhre;	
	10. Birke;
	11. Pappel, Aspe, Weide;
12. Schwarzföhre;	
13. Bergföhre, Legföhre;	
14. Lärche;	
15. Föhre.	

Die vorstehende Reihenfolge weicht von allen bisherigen erheblich ab; eine Prüfung im Walde hat aber die Richtigkeit derselben, insbesondere für Bergahorn, Esche, Kastanie [1]) ergeben. Weitere Nachprüfungen und Vergleiche an den verschiedensten Orten, sowohl unter natürlichen Verhältnissen als bei Versuchen können nur erwünscht sein. Diese sind für das Hochgebirge unerläßlich. Im Wallis, wie im Engadin findet sich die junge Lärche im dichten Lärchenschatten, die Arve auch im Arvenschatten. Sehr wertvolle Untersuchungen mit Lichtstärkenmessungen hat Rübel im Engadin angestellt [2]). „Die Lärche ist lichtliebender Baum; die einzelnen Exemplare stehen nicht dicht beisammen. Der mittlere Lichtgenuß ist $^1/_5$. Es schließt sich die Lärche im Engadin viel stärker zusammen, als anderswo und erträgt bei der starken absoluten Lichtintensität geringere Grade relativer Intensität“.

5. Durch die beschattende Holzart wird die Reihenfolge nicht verändert; bei Haidenhaus ist sie unter Buchen und Fichten dieselbe.

6. Daselbst sind die Pflanzen teils auf **Humus**, teils auf **Sand**, teils auf **Lehm** eingebracht und von Buchen und Fichten beschattet. Auf Sand haben sich durchweg weniger Pflanzen erhalten, als auf Lehm und Humus („auf geringerem Boden ertragen die Pflanzen weniger Schatten, als auf gutem“ ist ein oft ausgesprochener Erfahrungssatz).

---

[1]) Bei Baden-Baden findet sich die Kastanie im dichtesten Schatten neben Tanne und Buche.

[2]) Engler, Bot. Jahrb. 46, 99 (1912).

In einer Versuchsreihe sind sogar auf Sand sämtliche Pflanzen dürr, während auf Humus und Lehm noch bis 70 und 80 % am Leben sind. Die Hauptgruppen folgen auf den drei Bodenarten ungefähr in gleicher Reihenfolge. Bei einzelnen Holzarten, insbesondere der Esche, treten aber erhebliche Schwankungen in der Reihenfolge zu Tage. In dieser Hinsicht können erst weitere Untersuchungen Klarheit bringen. Soviel geht aus den bisherigen Untersuchungen aber hervor, daß die obige, in der Hauptsache auf Lehm gefundene Reihenfolge nicht ohne Prüfung auf Sand übertragen werden kann.

7. Wie die stärkere oder weniger starke Beschattung auf das nachherige Wachstum im freien, nicht mehr beschatteten Zustand einwirkt, ist eine weitere, praktisch sehr wichtige Frage. Beobachtungen hierüber im Walde anzustellen, ist nicht leicht, weil Beschädigungen der Pflanzen bei Fällung, Aufarbeitung und Transport des alten Holzes nicht ganz zu vermeiden sind. Sodann ist im Walde eine Abstufung der Beschattung nicht sicher herzustellen und auch die Gleichheit des Bodens selten vorhanden.

Im Versuchsgarten Großholz sind mehrere Versuche im Gange, die über diesen Punkt einigen Aufschluß geben.

Die verschiedenen Holzarten sind durch Deckgitter während der Jahre 1905, 1906, 1907 bezw. 1908 beschattet worden; in den Jahren 1907 und 1908 wurden die Deckgitter weggenommen, so daß die Pflanzen 1907/08—1912 im freien Stande weiterwachsen. 1912 wurde die Höhe in den verschiedenen Beeten gemessen.

	Durchschnittliche Höhe der Pflanzen cm			
	in vollem Licht	1/4 beschattet	1/2 beschattet	3/4 beschattet
Pflanzung: Laubhölzer	22	22	24	21
Pflanzung: Nadelhölzer	13	13	12	11
Saaten: Laub- u. Nadelholz	20	21	20	9

Während der Beschattung und noch in den ersten Jahren nach Entfernung der Gitter war die Abstufung der Höhen nach dem Grad der Beschattung sehr regelmäßig und sehr deutlich; nach weiteren 4 Jahren ist bei einzelnen Holzarten eine Verschiebung eingetreten. Aber die stärkste Beschattung hat doch bei fast allen Holzarten eine Verzögerung des Höhenwachstums verursacht, die noch nach 4—5 Jahren deutlich hervortritt.

8. Daß einzelne Holzarten, die lange Zeit in dichter Beschattung („im Druck") erwachsen sind, nach der Freistellung „sich erholen", d. h. sich kräftig entwickeln und sogar zu sehr starken Stämmen erwachsen können, lehren die Stockscheiben alter Tannen, Fichten, Buchen etc. Der „enge Kern" mit 3—5 cm Durchmesser umfaßt 50 und 60, selbst noch mehr Jahre, d. h. nach einem so langen Zeitraum der Beschattung vermögen einzelne Holzarten sich zu „erholen".

9. Die erste Jugendperiode, von der oben die Rede ist, hat keine bestimmte Dauer. Man kann sie etwa auf 15—25 Jahre ansetzen. Nach dieser Zeit verhalten sich die einzelnen Holzarten oft anders als die erste Entwickelung vermuten läßt. 20—30 jährige Eichen, die beschattet sind, bleiben in der Höhenentwickelung zurück, verändern ihre Kronenausbildung, „verkrüppeln" und pflegen vielfach dürr zu werden. Dasselbe ist der Fall bei Bergahorn und Eschen, namentlich wenn sie mit Buchen gemischt sind. Man pflegt diese Erscheinung so auszudrücken: diese Holzarten werden im mittleren und höheren Alter gegen den Lichtentzug empfindlicher. In reinen Beständen dieser Holzarten läßt sich diese Erklärung allenfalls aufrecht erhalten. In gemischten Beständen tritt der Einfluß anderer Holzarten hinzu, der nicht bloß in Beschattung und Beschirmung, auch in der Bewurzelung, sondern auch in den übrigen Wachstumsfaktoren (Temperatur, Wasser) Veränderungen hervorruft. Näheres hierüber im Abschnitt über die gemischten Bestände.

10. Die Ursachen dieses verschiedenen Verhaltens der Holzarten gegen die Beschattung sind noch nicht genügend erforscht. Man hat schon die Transpiration als eine der Ursachen bezeichnet; die Holzarten sollen um so empfindlicher gegen die Beschattung sein, je größer ihre Transpiration ist. Bei einigen Holzarten, wie Lärche und Tanne oder Birke und Stieleiche, scheint das Schattenertragen mit der Transpirationsgröße in Zusammenhang zu stehen. Dagegen ist für die übrigen Holzarten aus Tabelle 87 und 88 ein solcher nicht nachzuweisen.

Dieses Ergebnis kann nicht überraschen, da die Transpiration selbst schon ein komplizierter Vorgang ist und durch die Beschattung auch die übrigen Wachstumsfaktoren beeinflußt werden.

II. Die Transpiration.

§ 131. Bedeutung und Größe der Transpiration.

1. Die Bedeutung der Transpiration für die waldbauliche Praxis liegt in ihrem Einfluß auf die Holzproduktion. Die Experimente von Kohl und die Erfahrungen von Hartig und Jost lehren [1]), daß die Steigerung der Transpiration eine kräftigere Ausbildung des Holzkörpers bewirkt. Daraus folgt, daß im Walde das Optimum der Transpiration hergestellt sein bezw. angestrebt werden muß.

Vermindernd auf die Transpiration wirken die Erniedrigung der Temperatur, die Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und die Abschwächung der Beleuchtung. Im geschlossenen Bestande sind also sämtliche auf die Transpiration einwirkenden Faktoren im Sinne der Herabsetzung der Transpiration tätig. Mit Unterbrechung des Schlusses wird die

---

[1]) Pfeffer, Pflanzen-Phys. [2] 1, 198.

Transpiration erhöht, die Produktion organischer Substanz gesteigert werden.

Energische Taubildung setzt die Transpiration herab[1], was besonders bei jüngeren Pflanzen von praktischer Bedeutung ist.

2. Die Transpiration ist bei den einzelnen Pflanzen- und Baumarten sehr ungleich. Bisher noch unbekannte Eigentümlichkeiten bringen diese Unterschiede hervor. Über die Größe der Transpiration sind nur wenige Untersuchungen vorhanden; der Anstellung von solchen stehen sehr große Schwierigkeiten hindernd entgegen. (Vgl. § 90, 1. Anm.)

Die umfangreichsten Versuche hat v. Höhnel 1878 und 1879 ausgeführt[2]. Er verwendete 6—7 jährige, ca. 70 cm hohe Pflanzen, die in Töpfe eingesetzt wurden. Diese wurden durch einen Deckel verschlossen; die transpirierten Wassermengen wurden durch Wägung ermittelt.

Bezüglich der Anordnung der Versuche muß auf die Abhandlung v. Höhnels selbst verwiesen werden. Die waldbaulich wichtigsten Ergebnisse sollen hier hervorgehoben werden.

Die verdunstete Wassermenge ist auf 100 g Blatt-Trockengewicht berechnet worden. Die Zahlen gelten zunächst nur für den Wienerwald, doch glaubt v. Höhnel, daß sie „ganz gut auf entsprechende Gegenden von ganz Mitteleuropa angewendet werden können". v. Höhnel zweifelt nicht, „daß die mitgeteilten Größen kaum um mehr als ein Viertteil von den im großen in der Natur vorkommenden verschieden sind, was jedoch erst weitere Versuche zu beweisen haben werden".

Die Resultate von 1878 faßt v. Höhnel in einer Übersicht kurz zusammen[3].

Tabelle 88.

Name der Baumart	Transpiration während der Vegetationsperiode Juni bis Okt. 1878 pro 100 Gramm Blatttrockengewicht Gramm
Birke, großbl. Linde	60—70 000
Esche, Hainbuche	50—60 000
Rotbuche	45—50 000
Spitzahorn, Bergahorn	40—45 000
Die Eichen	20—30 000
Fichte, Föhre	5—7 000
Tanne	4—5 000
Schwarzföhre	3—4 000

3. Bei den Versuchen im Jahr 1879 wurden die Pflanzen feuchter gehalten als 1878, was eine stärkere Transpiration zur Folge hatte.

[1] Pfeffer, a. a. O. [2] I, 232.

[2] Mitt. aus dem forstl. Versuchswesen Österr., II. Bd., 1. Heft, S. 47—90 (1879) und 3. Heft S. 275—96 (1881).

[3] A. a. O., II, 1, 76.

Wir können aus diesen und auch sonstigen Untersuchungen den praktischen Schluß ziehen, daß auf feuchten Stellen die Pflanzen mehr Wasser verdunsten, als auf trockenen.

Die mittlere Transpirationsgröße vom 1. April bis 31. Oktober 1879 betrug pro 100 g Blatt-Trockengewicht:

Tabelle 89.

Name der Baumart	Mittlere Transpirationsgröße	Name der Baumart	Mittlere Transpirationsgröße
1. Elsbeere . . .	172 090	10. Hainbuche	75 901
2. Feldahorn . . .	127 340	11. Ulme	75 500
3. Linde	103 047	12. Weißerle	67 102
4. Esche	98 305	13. Stiel-Traubeneiche	66 221
5. Aspe	86 918	14. Bergahorn	61 830
6. Buche	85 950	15. Zerreiche	61 422
7. Birke	84 513	16. Spitzahorn	51 722
8. Schwarzerle . .	83 087	17. Stieleiche	44 393
9. Traubeneiche . .	77 133	Laubhölzer	78 900

Name der Baumart	Mittlere Transpirationsgröße
18. Fichte	20 636
19. Föhre	10 372
20. Schwarzföhre	9 992
21. Tanne	7 554
Immergrüne Nadelhölzer	13 488
22. Lärche	114 868

Die Laubhölzer verdunsteten also 78 900 g, die Nadelhölzer dagegen nur 13 488. Das Verhältnis der Transpirations-Intensität ist also 6 : 1.

Die Lärche gehört jedenfalls zu denjenigen unserer Holzgewächse, die am stärksten transpirieren.

v. Höhnel stellt die Ergebnisse von 1878 und 1879, also des trockeneren und feuchteren Bodens für dieselben Arten einander gegenüber. Es ergibt sich, „was von hohem Interesse ist und den Wert der Resultate bedeutend erhöht, daß beide im großen und ganzen übereinstimmen“ [1]). Ich lasse bei der Wichtigkeit dieses Resultats die beiden Reihen folgen.

Tabelle 90.

Transpiration Gramm 1878 (trocken)		1879 (feuchter)	
Birke	67 987	Esche	98 305
Esche	56 689	Buche	85 950
Hainbuche	56 251	Birke	84 513
Buche	47 246	Hainbuche	75 901
Spitzahorn	46 287	Feldulme	75 500
Bergahorn	43 577	Stiel- und Traubeneiche . . .	66 221

[1]) A. a. O. II, 3, 292.

Transpiration Gramm

1878 (trocken)		1879 (feuchter)	
Feldulme	40 731	Bergahorn	61 830
Stiel- und Traubeneiche	28 345	Zerreiche	61 422
Zerreiche	25 333	Fichte	20 636
Fichte	5 847	Föhre	10 372
Föhre	5 802	Schwarzföhre	9 992
Tanne	4 402	Tanne	7 754
Schwarzföhre	3 207		

In beiden Reihenfolgen erscheinen die Nadelhölzer als die letzten, Esche, Buche, Birke, Hainbuche als die ersten; Eichen und Ahorne nehmen unter den Laubhölzern den letzten Rang ein.

„Bei den Laubhölzern war die Transpiration im Jahre 1879 anderthalbmal, bei den Koniferen zweimal so groß als 1878 (letzteres mit einem Zuschlag für April und Mai berechnet). Das Verhältnis der Verdunstung der Laubhölzer zu derjenigen der Koniferen war 1878 = 8: 1; 1879 = 6: 1".

4. v. Höhnel verglich ferner die Zahlen der Verdunstung von Fichte und Buche mit den Angaben des Evaporimeters von Piche und fand, daß eine innige und konstante Beziehung zwischen dem Gang der Transpiration und der Verdunstung einer Wasserfläche stattfindet. Beide steigen und fallen zu gleicher Zeit. Aus den Angaben über die Verdunstung einer freien Wasserfläche (§ 59) kann also auf den Gang und die relative Höhe der Transpiration geschlossen werden[1]).

5. Mit der Transpiration hängt die Versorgung der Pflanze mit den unentbehrlichen Aschenbestandteilen zusammen. Je stärker die Transpiration ist, um so stärker ist der durch die Pflanze laufende Wasserstrom[2]). Wenn nun auch in diesem nur wenige Aschenbestandteile gelöst sind, so wird doch durch den reichlichen Wasserstrom die Versorgung ausreichend sein können. Aus magerem Boden werden durch reichliche Transpiration den Pflanzen genügend Aschenbestandteile geliefert werden.

6. Schon mehrfach ist die Transpirationsgröße mit der Regenmenge verglichen worden. Man hat berechnet, daß an heiteren Sommertagen pro 1 cm² Blattfläche 1—10 g verdunsten.

Bei großen Bäumen dürfte der Transpirationsverlust an besonders heißen Tagen 400 kg überschreiten[3]), an Regentagen aber zuweilen auf einige Kilogramm herabgehen. Die Wassermenge, die von einem 115 jährigen Buchenbestande (4—600 Stück) auf 1 ha zwischen 1. Juni

[1]) Burgerstein, Die Transpiration der Pflanzen. 1904, S. 249.

[2]) Th. Hartig hat gefunden, daß die Transpiration von 9-12 Uhr und 12-3 Uhr am stärksten ist. Die Holzarten bildeten folgende Reihe: Fichte, Kiefer, Buche, Eiche. F. u. J.-Z. 1877, 44.

[3]) Pfeffer, a. a. O. ² I, 233.

und 1. Dezember verdampft wird, schätzt v. Höhnel auf 2,4—3,5 Millionen Kilogramm.

Aus diesen und sonstigen Berechnungen geht hervor, daß die jährliche Niederschlagsmenge von 600 mm ausreichend für die Waldvegetation ist. Selbst geringere Mengen ermöglichen die Existenz des Föhrenwaldes. Dabei kann das Zuströmen von Wasser im Boden verändernd, bezw. begünstigend wirken.

Mit größeren Niederschlagsmengen muß die Vegetation eine Steigerung erhalten. Je geringer die Niederschläge sind, um so wichtiger sind die Wasserverhältnisse im Waldboden und die Wurzelverbreitung der verschiedenen Holzarten.

7. Bei den zahlreichen Faktoren, die beim Wachstum der Pflanzen zusammenwirken, ist es sehr schwierig und nicht ohne Bedenken, aus dem Verhalten eines einzigen Faktors Schlüsse zu ziehen. Die praktisch nächstliegende Frage ist die, ob die stärker transpirierenden Pflanzen zu ihrer Entwickelung mehr Wasser nötig haben, als die schwächer transpirierenden? Gedeihen die Laubhölzer nur auf feuchtem Grunde? Geht eine Pflanze zugrunde, wenn die Transpiration bedeutend herabgesetzt wird?

Zur Beantwortung dieser Fragen ist das vorliegende Material nicht ausreichend. Gleichwohl mögen einige tatsächliche Beobachtungen angeführt sein, die vielleicht mit der Transpiration in Zusammenhang stehen.

Zunächst ist es die Eigenschaft der Pflanzen, Schatten zu ertragen (§ 129, 130).

8. Die Beschattung durch Gras, Gestrüpp und Sträucher bringt eine Verminderung der Transpiration mit sich. Die inneren und unteren Äste einer Baumkrone haben geringere Transpiration, werden schwach ernährt und müssen allmählich absterben. Durch starke Durchforstungen und Lichtungen wird die Transpiration erhöht, die Zufuhr von Aschenbestandteilen vergrößert, infolgedessen das Wachstum gesteigert. Das Freihauen der Baumkronen in gemischten Beständen (Eichen, Ahorn, Lärchen etc.) erhöht die Transpiration der vorher eingeengten Kronen. Vorwüchsige und dadurch freistehende Stämme und Kronen (vorgewachsene Lärchen etc., Überhälter) haben stärkere Transpiration als solche, die mehr oder weniger beschattet sind. Man pflegt diese Wirkungen auf das Licht zurückzuführen; die Assimilation wird durch den vermehrten Lichtgenuß unzweifelhaft gesteigert. Das Dürrwerden freigestellter Bäume, oder der geringe Zuwachs freigestellter, aber schwachkroniger und schwachbelaubter Bäume zeigen aber, daß es hauptsächlich auf die Transpiration ankommt. Wenn der vermehrte Wasserverbrauch nicht gedeckt wird, so tritt keine Vermehrung des Zuwachses ein, die Bäume kommen viel-

mehr in Gefahr, zu vertrocknen. Dadurch erklärt sich der aus der Erfahrung abgeleitete Rat, nur auf „gutem" Boden den Lichtungsbetrieb anzuwenden.

Burgerstein [1]) macht auf einen Punkt aufmerksam, der bei Buchen, auch Fichten eine Rolle spielt. „Durch die Transpiration wird auch infolge der erzeugten Verdunstungskälte (Wärmeentziehung) eine zu starke Erhitzung der Pflanze bei intensiver Insolation verhütet. Ja in manchen Fällen bildet die durch Transpiration hervorgerufene Abkühlung ein Schutzmittel gegen Sonnenbrand".

Der Sonnenbrand an Fichten und Buchen könnte also mit der Austrocknung des Bodens bei plötzlicher Freistellung im Zusammenhang stehen.

III. Die Bewurzelung.

§ 132. **Allgemeines.**

1. Die Bewurzelung der Waldbäume ist noch sehr wenig Gegenstand genaueren Studiums gewesen. Die forstbotanischen Werke geben ziemlich übereinstimmend ganz kurze Beschreibungen der Wurzelausbildung jeder Holzart; über die Art der Erhebung werden selten Mitteilungen beigefügt. Im Grunde genommen hat alle diese Angaben schon 1840 Theodor Hartig [2]) gemacht. Eine Ausnahme bildet die „Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas" von Kirchner und Schröter, in welcher die Bewurzelung ausführlich besprochen wird.

In neuerer Zeit hat Büsgen [3]) besondere Untersuchungen angestellt. Umfassender sind diejenigen Englers [4]) über das Wurzelwachstum der wichtigsten Holzarten. In sächsischen Versuchsflächen hat Leistner [5]) das Wurzelwachstum untersucht.

2. Die äußeren Bedingungen des Wurzelwachstums werden in den pflanzenphysiologischen Werken, insbesondere von Pfeffer, ausführlich besprochen. Als Bedingungen werden genannt:

a) der Wassergehalt des Bodens,
b) das Darbieten der Nährstoffe, insbesondere die Qualität und Konzentration der Nährstoffe,
c) die Durchlüftung des Bodens und die Zufuhr des Sauerstoffs,
d) die Bodenwärme,
e) unter Umständen der Zutritt des Lichtes.

Die allgemeinen Faktoren des Wachstums spielen auch beim Wurzelwachstum eine entscheidende Rolle.

---

[1]) A. a. O., S. 249.

[2]) Naturgeschichte der forstl. Kulturpflanzen Deutschlands.

[3]) Bau und Leben unserer Waldbäume. 1897. S. 164. Forst- u. J.-Ztg. 1901, 273.

[4]) Mitt. d. Schw. V.-A. 7, 247.

[5]) Die Standortsunters. beim forstl. Versuchswesen 1912.

3. Die physiologische Bedeutung der Bewurzelung liegt a) in der Ernährung der Bäume, b) in der Aufspeicherung der Reservestoffe, c) in der Verankerung der Bäume im Boden und der Widerstandsfähigkeit gegen Wind und Schnee, d) in der Unabhängigkeit des älteren Baumes vom Wassergehalt und der Wärme der obersten Bodenschichten. Die Wurzeln der jungen Waldpflanzen sind, wie die Wurzeln der Getreidepflanzen, nur in den obersten Bodenlagen ausgebreitet. Es müssen also die Verhältnisse der Bewurzelung unserer Waldbäume für alle Altersstadien ins Auge gefaßt werden. Erwägt man noch daß eine große Anzahl von Holzarten der genaueren Untersuchung harren, so leuchtet ohne weiteres ein, welch ein ausgedehntes Gebiet auch hierin der Forschung offen steht. So weist Schröter[1]) auf die starke unterirdische Entwickelung der Pflanzen im Gebirge hin. Die starke Wurzelverbreitung der Fichte auf den Alpweiden fällt ohne weiteres ins Auge; ebenso die große Standfestigkeit der Fichte, wenn sie, wie es dort der Fall ist, ihre Wurzeln ungehindert ausbreiten kann. Im Gebirge gehört die Fichte zu den widerstandsfähigsten Bäumen.

4. Der freie Stand der Bäume begünstigt überhaupt die Ausbreitung der Wurzeln.

Untersuchungen an Obstbäumen ergaben, daß vom gesamten Holzgewicht auf das Wurzelholz entfallen beim Apfelbaum 33 %, Birnbaum 30. Kirschbaum 27, Zwetschgenbaum 30 %.[2]) Das Gewicht des Wurzelholzes kommt bei Obstbäumen demjenigen des Stammes gleich; auf das Astholz fallen 40 %. Bei den Waldbäumen ist die Wurzelverbreitung eingeschränkt; der Anteil des Wurzelholzes überschreitet selten 10—15 % und wird wohl 20 % nie erreichen. (200 Rm Stockholz pro 1 ha = 100 Fm.)

5. Die Unterscheidung der Wurzeln in Pfahlwurzeln, Herzwurzeln, Trieb- oder Langwurzeln, Saug- oder Kurzwurzeln ist nicht immer leicht durchzuführen. Namentlich sind Pfahl- und Herzwurzeln nicht immer sicher zu trennen. Dazu kommt, daß die Bodenverhältnisse das Wachstum der Wurzeln entscheidend beeinflussen. Auf flachgründigem, steinigem Boden bildet sich bei Eiche und Föhre die Pfahlwurzel nicht aus.

Unsere Vorstellungen von der Wurzelverbreitung sind sehr oberflächlich und führen oft zu ganz unrichtigen Schlüssen. Leistner bemerkt z. B.[3]): „Im allgemeinen ist es nämlich nicht die Pfahlwurzel, sondern ein von den obersten wagrecht verlaufenden Wurzelästen

---

[1]) Pflanzenleben der Alpen. S. 647.

[2]) Steglich, Statik des Obstbaus. Arbeiten der Deutsch. Landw. Ges. Heft 132, S. 5. Vgl. hiezu Göthe, Deutscher Obstbau. Daselbst. Heft 150. Seite 116.

[3]) A. a. O. S. 39.

sich meist in fast rechtem Winkel abzweigender Senker, der am tiefsten in den Boden eindringt“.

6. Über das Wurzelwachstum im allgemeinen spricht sich Göthe[1]) auf Grund von Untersuchungen folgendermaßen aus: „Alle Wurzeln wachsen am freudigsten in der Richtung des geringsten Widerstands und des Vorhandenseins von Feuchtigkeit; sie dringen deshalb tief in die Sprünge und Spalten des Bodens und des unterlagernden Gesteins ein (häufig benutzen sie dazu die senkrechten Röhren des Regenwurms). Gelangen Wurzeln an feuchtere oder nährsalzreichere Stellen im Boden, so bilden sie eine Menge von Faserwurzeln, um die günstigste Stelle möglichst ausnutzen zu können. An armen und trockenen Stellen verschwinden die Saugwurzeln schon bald wieder, sodaß die Triebwurzeln, an denen sie entstanden waren, kahl werden. Großer Vorrat von Nährstoffen im Boden (Humus, Kompost) bedingt mäßige Wurzelentwickelung und viel Saugwurzeln, Mangel daran ein starkes, weitverbreitetes Wurzelwachstum. Im ersteren Falle findet eine ausgiebigere Ernährung und Entfaltung der oberirdischen Baumteile statt, im letzteren Falle hungern die Kronenteile und bleiben sichtlich zurück, weil in erster Reihe Wurzeln gebildet werden. Ähnlich verhält es sich in genügend feuchtem und in trockenem Boden. In mäßig frischen Böden ist die Wurzelentwickelung stärker, als im feuchten, in Sandböden am stärksten, in Tonböden am schwächsten, in welch letzteren sich vorzugsweise Triebwurzeln (Langwurzeln) und wenig Saugwurzeln (Kurzwurzeln) bilden.

Was nun die Entwickelung und das Wachstum der oberirdischen Baumteile anlangt, so ist zunächst festzustellen, daß ihnen das Wurzelwachstum weit voraneilt. Erst nachdem die Wurzeln festen Fuß gefaßt haben, kann der junge Baum kräftig zu treiben anfangen; dieser Zeitpunkt wird je nach dem Pflanzmaterial und den Boden- und Feuchtigkeitsverhältnissen verschieden sein“.

7. Diese Sätze können auch im Walde Anwendung finden; nur ist dabei zu betonen, daß im Walde für die Regel der Boden nicht gelockert wird. Das Wachstum auf Stocklöchern beweist die vorteilhafte Wirkung der Lockerung. Für die natürliche Verjüngung ist die Erhaltung der humosen, lockeren und feuchten Schichte des Bodens von besonderer Bedeutung. Daß Freisaaten so oft mißlingen, kommt hauptsächlich von der erschwerten Wurzelbildung her; zum Teil trifft dies auch für Pflanzungen zu.

Das Wurzelsystem muß im Frühsommer voll entwickelt sein, damit es der Pflanze im Juli und August zur Zeit der höchsten

---

[1]) A. a. O. S. 118. Vgl. hiezu Krömer (Geisenheim): Das Wurzelleben der Obstbäume und Reben. Jahrb. d. Deutschen Landw. Ges. 28, 503 (1913).

Wärme, der höchsten Verdunstung und der höchsten Transpiration das nötige Wasser zuführen kann.

8. Für den Waldbau ist eine Bemerkung Krömers[1]) von großer Bedeutung. Er betont, „daß das Wurzelwachstum in hohem Grade von dem Ernährungszustand des Baumes und der Größe seines Laubdaches abhängig ist. Es erklärt sich dies aus der Tatsache, daß die Wurzeln beim Bezug ihrer Baustoffe allein auf die Blätter angewiesen sind. Infolgedessen besteht auch ein annähernd festes Verhältnis zwischen der Wurzelmasse eines Baumes und der Zahl seiner Blätter. Daraus folgt, daß die Bewurzelungsgröße unserer Obstbäume bis zu einem gewissen Grade von der Wachstumsenergie abhängig sein wird. Zweitens zeigt uns diese Tatsache, daß alle Eingriffe in die Laubkrone auch auf die Ausbildung des Wurzelsystems zurückwirken werden".

Die dichten Saaten und Verjüngungen, die engen Pflanzungen, die Durchforstungen und Lichtungen, der Überhaltbetrieb, die Stellung der Bäume im gemischten, im geschlossenen und lichten Bestande wirken auf die Ausbildung der Kronen in sichtbarer Weise ein. Daß auch auf das Wurzelwachstum die Behandlung der Bestände einen erheblichen Einfluß übt, ist zwar durch Untersuchungen nicht festgestellt, kann aber nach den Ausführungen Krömers nicht bezweifelt werden.

Eingehendere Untersuchungen im Walde müssen den Zusammenhang zwischen Krone und Wurzelausbreitung, wie er bei Obstbäumen nachgewiesen ist, auch für unsere Waldbäume klarlegen.

9. Was bezüglich unserer Waldbäume durch Untersuchungen bekannt geworden ist, soll in den folgenden Paragraphen zusammengestellt werden. Zunächst wird

a) das Wurzelwachstum in der frühesten Jugendperiode, dann

b) dasjenige älterer Bäume im geschlossenen Bestande abgehandelt werden. Daran soll sich eine kurze Mitteilung

c) über die Zeit des Wurzelwachstums während des Jahres anschließen.

§ 133. Die Bewurzelung der Pflanzen in der frühesten Jugendperiode.

1. Bei natürlichen Verjüngungen, bei Saaten und Pflanzungen hängt das Gelingen in erster Linie vom Wurzelwachstum ab. Das Keimen der Samen, die Entwickelung der Keimlinge erfüllt im Mai und Juni oft mit großen Hoffnungen, die im Juli und August zerstört werden. Die gut gelungene Saat fällt dem Vertrocknen anheim, um so früher und um so sicherer, je kürzer die Wurzeln geblieben, je bälder die oberste

[1]) A. a. O. 508.

Bodenschicht, in denen die Wurzeln sich ausbreiten, ausgetrocknet ist. In trockenen Jahren bleibt die tiefwurzelnde Esparsette oder Kleepflanze grün, während der gewöhnliche Rasen rings um sie abgestorben ist. Ebenso verhält es sich mit jungen Waldpflanzen. Die flachwurzelnden Nadelhölzer werden dürr, während die tiefwurzelnden (Lärche, Föhre) und die noch tiefer wurzelnden Laubhölzer sich erhalten. Dasselbe läßt sich bei der Einwirkung eines Grasrasens auf junge Pflanzen beobachten. Die tiefer wurzelnden Holzarten, Buche, Eiche, Ahorn, auch Lärche leiden weniger unter der austrocknenden Wirkung des Rasens.

Bei der Verjüngung gemischter Bestände und der Erhaltung der Mischung ist das Wurzelwachstum der verschiedenen Holzarten ausschlaggebend: die flachwurzelnde Holzart kann verschwinden und die ursprüngliche Mischung eine ganz andere Zusammensetzung erhalten. In Dürrejahren treten die flachgründigen Stellen eines Bestandes deutlich heraus.

2. Die im folgenden dargestellten Untersuchungen über die Wurzelentwickelung sind zum größten Teil an Pflanzen vorgenommen worden, die in umgegrabenen, locker erhaltenen Gartenbeeten erwachsen waren. Der Widerstand, den die Pflanzen zu überwinden hatten, war gering. Der Boden war frischer Lehmboden, die Pflanzen standen ohne Beschattung frei in den Beeten, sodaß die Bedingungen für das Wachstum sehr günstig waren. Die Eigenart jeder Pflanzengattung konnte also sich geltend machen.

Eine andere Reihe von Versuchen sollte den Einfluß äußerer Verhältnisse. wie Beschattung, veränderte Temperatur und Feuchtigkeit zur Darstellung bringen.

Sobald die Pflanzen nahe beieinander stehen, findet ein gegenseitiges Durchwachsen der Wurzeln statt, wodurch die Untersuchungen sehr erschwert werden. Auch ist es nicht immer leicht, die Wurzeln bis zur äußersten Spitze bloßzulegen; es findet leicht ein Abreißen der feinsten Wurzeln statt. Krümmungen der Wurzeln können ebenfalls einige Ungenauigkeit beim Messen verursachen. Endlich kann auch die Witterung oder zufällige Lagerung und Feuchtigkeit des Bodens das Wurzelwachstum beeinflussen; bei mehrjährigen Wurzeln fällt dies weniger ins Gewicht, als bei einjährigen.

3. Über das Verhältnis des Wurzelgewichts zum Gewicht der ganzen Pflanze auf Lehmboden im Versuchsgarten Großholz hat Marstaller Untersuchungen angestellt[1]).

Vom Gewicht der ganzen Pflanze entfallen auf

---

[1]) Mitt. d. Württ. V.-A. 1, 46.

Tabelle 91.

	Stamm u. Äste %	Wurzeln %
Fichte 2jährig	75	25
Tanne „	55	45
Föhre „	87	13
Lärche „	61	39
Buche „	39	61
Stieleiche 2jährig . . .	23	77
Traubeneiche 2jährig . .	25	75
Bergahorn 2jährig . . .	42	58
Esche 1jährig	39	61

Beim Laubholz herrscht das Gewicht der Wurzeln sehr bedeutend vor. 60—75 % des Gewichtes fallen in den ersten Lebensjahren auf die Wurzeln, während bei den Nadelhölzern 20—30, höchstens 40—45 % der gesamten Produktion auf die Wurzeln verwendet werden. Bemerkenswert ist der Gegensatz zwischen Föhre und Tanne.

4. An denselben Pflanzen, die zur Feststellung des Gewichtes dienten, wurde die Länge der Wurzeln erhoben. Die Saaten waren 1903 ausgeführt, die Untersuchungen im Herbste 1904, also an 2 jährigen, nur bei der Esche an 1 jährigen Pflanzen vorgenommen worden. Je nach der Qualität, Länge und Beastung wurden die Nadelhölzer in 3, die Laubhölzer in 2 Klassen geschieden. Neben der durchschnittlichen Länge wurde auch das Maximum der Wurzellänge festgestellt [1]).

Tabelle 92.

Länge der Wurzeln von 2jährigen Saat-Pflanzen auf Lehmboden im Versuchsgarten Großholz. cm.

	Durchschnitt bei Pflanzen			Durchschnitt der längsten Wurzeln	Das Maxim. schwankt auf je 10 Beeten von bis
	I. Kl.	II. Kl.	III. Kl.		
Fichte 2jährig	14,3	10,5	7,6	27,5	38—23
Tanne „	20,6	17,7	15,2	28,5	36—25
Föhre „	16,6	13,1	10,7	28,8	38—25
Lärche „	23,6	19,4	15,1	33,4	42—28
Buche „	25,6	19,3	.	39,5	47—30
Stieleiche 2jährig	36,3	29,9	.	55,2	76—45
Traubeneiche 2jährig	35,2	27,0	.	52,1	62—40
Bergahorn 2jährig	24,0	17,0	.	41,2	46—36
Esche 1jährig	12,0	9,0	.	26,3	32—21
Schwarzerle 2jährig	21,0		.	30,0	43—17

Im lockeren Lehmboden sind die Wurzeln der Laubhölzer — mit Ausnahme der Esche — etwa doppelt so lang, als die der Nadelhölzer. Daraus kann der Schluß gezogen werden, daß für das Laubholz in den

[1]) Über die Wurzelbildung im märkischen Sandboden vgl. Möller in Ztschr. f. F.- u. Jw. 1912, 197.

ersten Lebensjahren die tieferen Bodenschichten von größerer Bedeutung sind, als für die Nadelhölzer. Die Lärche nähert sich mehr den Laubhölzern; auch die Tanne wurzelt tiefer, als Fichte und Föhre.

Die Wurzeln der verschiedenen Pflanzenklassen stufen sich ganz wie die Stämmchen ab; je länger das Stämmchen, um so besser ist das Wachstum der Wurzeln und umgekehrt.

Da im Juli und August selten alle Pflanzen eines Beetes oder einer natürlich verjüngten Fläche vertrocknen, so ist zu vermuten, daß es diejenigen mit längeren Wurzeln sind, welche sich erhalten.

5. Untersuchungen über das Wurzelwachstum verschulter Pflanzen habe ich in Zürich angestellt[1]).

Über Höhe der Pflanzen und Länge der Wurzeln gibt die folgende Übersicht Auskunft.

Tabelle 93.

Wurzelwachstum verschulter Fichten.

	Untersuchte 4jährige, 2jährig verschulte Fichten Anzahl	Durchschnittliche Höhe der Pflanze (cm)	Durchschnittliche Länge der Wurzeln (cm)	Die Länge der Pflanze verhält sich zur Länge der Wurzel wie 100 zu	Länge des längsten Wurzelstranges cm Maximum	Länge des längsten Wurzelstranges cm Minimum
I. Serie	9	28,1	18,7	66	47	21
	20	19,9	15,5	78	55	20
	10	13,8	12,5	91	30	20
	39	20,2	15,5	76		
II. Serie	13	29,3	19,4	66	60	25
	12	17,2	14,3	83	55	15
	12	12,5	12,2	97	84	20
	37	19,9	15,4	77		

Nur bei den kürzeren Pflanzen sind die Wurzeln fast so lang, wie der oberirdische Stammteil, je höher die Pflanze, um so kürzer sind verhältnismäßig die Wurzeln. Diese Resultate sind an Pflanzen ermittelt, die in lockerer Gartenerde stehen. Weitere Untersuchungen, namentlich auf verschiedenen Bodenarten angestellt, würden zu wertvollen Aufschlüssen führen.

6. Es ist eine allgemeine Übung, beim Ausheben der Saatschulpflanzen mit größter Aufmerksamkeit dafür zu sorgen, daß die kleinen, feinen Wurzeln nicht abgerissen werden, weil, wie man glaubt, diese für das künftige Wachstum von entscheidender Bedeutung seien. Manche Pflanze, die wenige „Faserwurzeln" hat, wird als untauglich weggeworfen. Daß diesen feinen Wurzeln eine zu große Wichtigkeit beigelegt wird, soll ein Versuch beweisen.

Fünfjährige Fichten von 30 cm Höhe wurden sorgfältig ausgehoben und eingesetzt. Neben dieselben wurden solche Fichten gesetzt, die

[1]) Prakt. Fw. f. d. Schweiz. 1885, 129.

aus dem Boden kurzweg ausgerissen und eines Teils der feineren Wurzeln beraubt wurden. Im Wachstum zeigten beide Sorten keinen bemerkbaren Unterschied und als die Pflanzen nach einem Jahr ausgegraben wurden, hatten dieselben ein gleich dichtes und fein verzweigtes Wurzelsystem.

Im Jahre 1883 wurden ferner Fichten von 40—60 cm Höhe in der gewöhnlichen Weise versetzt, wobei die 15—19 cm langen Wurzeln 15 cm tief in die Erde kamen. Als diese Pflanzen 1884 untersucht wurden, ergab sich, daß die Wurzeln, 25, 30, 35, selbst 40 cm tief gewachsen waren und in einer Erdmasse sich verzweigt hatten, welche das Volumen des im Pflanzloche sich befindenden Bodens um das 14 fache übertraf. Die neugebildeten Wurzeln waren an der weißen Farbe leicht von den älteren zu unterscheiden. Sie waren nun nicht Verlängerungen der feineren Wurzeln, sondern sie entstanden an den stärkeren Wurzeln in Büscheln und bildeten mehrere Hauptstränge mit Nebensträngen. Eine 50 cm hohe Fichte hatte 50 Hauptstränge mit einer durchschnittlichen Länge von 20 cm; eine 65 cm hohe hatte 100 Hauptstränge zu 8 cm, eine 40 cm hohe 23 Stränge mit 10 cm Länge usw. Der Wurzelstock derjenigen Pflanzen, die ein Jahr im Pflanzbeet standen, zeigte ein ganz anderes Aussehen, als derjenige der nicht verpflanzten Exemplare. Bei diesen einige (4—5) stärkere Wurzeln von 30, 40 und mehr cm Länge mit nur wenigen feineren Nebenwurzeln, bei jenen die verkürzten Hauptwurzeln mit einem ungemein stark entwickelten feinen, reich verzweigten Wurzelfilz, der an den stärkeren Wurzeln seinen Ursprung hatte. Die feineren Wurzeln, welche die Pflanzen beim Versetzen hatten, waren schwarz und abgestorben, soweit sie noch zu erkennen waren. Also nicht die feinen Faserwurzeln sind es, mit denen die Pflanzen „anwachsen“ und weiterwachsen, sondern an den abgerissenen Wurzelstellen entstehen neue Wurzeln, welche die Ernährung vermitteln.

Mit diesen Ergebnissen stimmen die Beobachtungen Krömers[1]) ganz genau überein. „Die neuen Wurzeln entstehen zum größten Teile an den vorhandenen Wurzelstümpfen.... Die alten Wurzeln bilden gewöhnlich nur an ihren äußersten Enden, da wo sie frisch angeschnitten worden sind, neue Wurzeläste, die dem Rande der Baumgrube zustreben und von da in das umgebende Erdreich eindringen. Es wäre aber nicht richtig, die Wurzeln auf kurze Stümpfe zurückzuschneiden, weil die Wurzelverkürzung zu starke Verluste an organischen Stoffen und Wasser nach sich zieht“.

§ 134. Die Bewurzelung älterer Bäume im geschlossenen Bestande.

1. Bei der Anlage von Versuchsflächen wird die Wurzelverbreitung nach der Tiefe hin festgestellt. Die Tiefe, bis zu welcher die meisten

[1]) A. a. O. 505.

Wurzeln vordringen, ist nicht schwer zu bestimmen. Dagegen hängt es von manchen Zufälligkeiten ab, ob die am tiefsten gehenden Wurzeln aufgefunden werden. Bei der Untersuchung wird nämlich ein Bodeneinschlag von 1,2—1,5, auch 2 m gemacht, und an den senkrecht abgestochenen Wänden das Eindringen der Wurzeln in die Tiefe gemessen. Die Stelle der Untersuchung wird so gewählt, daß sie im Wurzelbereich eines gefällten Baumes liegt.

Die Messungen wurden in den durch ganz Württemberg hin angelegten Versuchsflächen vorgenommen und zwar in 260 Fichten-, 95 Tannen-, 203 Buchen- und 90 Eichenflächen.

2. In Fichtenbeständen sind die meisten Wurzeln in der Tiefe von 30—50 cm ausgebreitet; an einigen Orten sind sie sogar in der Tiefe von 20 cm angetroffen worden; an andern dringen sie 60, auch 70—80 cm tief ein. Diese beiden Extreme gehören aber zu den Seltenheiten. Die am tiefsten gehenden Wurzeln finden sich bei 120—150, sehr selten bei 170—180 cm; in nur ganz wenigen Beständen wird die Tiefe von 200 cm erreicht.

3. Die Wurzeln der Tanne dringen etwas tiefer, als die der Fichte ein. In der Regel finden sie sich 50—60 cm, nur in ganz wenigen Beständen 30—40 cm tief vor; 80—90 cm tief sind sie nur ausnahmsweise zu treffen. In der Regel dringen die am tiefsten gehenden Wurzeln 150 bis 170, selten 200 cm ein.

4. Die Buchenwurzeln verbreiten sich vielfach in der Schichte von 20, meistens aber 30—50, höchst selten 60—80 cm; die tiefsten Wurzeln erreichen meistens 120—150, seltener 180—200 cm.

5. Eichenbestände. Die Eichenwurzeln gehen tiefer, als die der übrigen Holzarten. In der Regel fällt die Hauptverbreitung in die Tiefe von 50—70 cm. Die tiefsten Wurzeln sind meistens 150—200 cm lang; die gesamte Wurzellänge wird vielfach auf 2—3 m und darüber anzusetzen sein.

6. Zu ungefähr denselben Resultaten gelangt Leistner[1]. „Der Wurzelbau der Kiefer ist je nach den Boden- und Feuchtigkeitsverhältnissen auffallend verschieden. Eine ausgesprochene Pfahlwurzel ist nicht immer vorhanden. Die Hauptwurzelverbreitungszone schwankt bei der Kiefer von 0,30—0,85 m. Je feuchter der Boden, um so weniger tief dringen die Kieferwurzeln in den Boden. Wechsel der Bodenschichten bewirkt meist eine vermehrte Teilung der Wurzeln oder eine z. T. erhebliche Krümmung". Die tiefsten Wurzeln der Kiefer fand Leistner bei 1,80—1,90; in einem Falle bei 2,40 m.

Im norddeutschen diluvialen Sand- und Lehmboden hat Zidaskowski[2] an einer 45 jährigen Föhre und einer 60 jährigen Buche

[1] A. a. O. S. 41.

[2] Z. f. F.- u. Jw. 1898, 139.

Messungen vorgenommen. Die Pfahlwurzel der Buche ging bis 1 m die dichten Faserwurzeln bis etwa 60 cm in die Tiefe. Neben der Pfahlwurzel fanden sich 10 aus den Wurzelknoten entspringende Seitenwurzeln, die an der Oberfläche fortstreichen und ziemlich viele Faserwurzeln ansetzten. Bei der Föhre erreichte die Pfahlwurzel 1,60 m Länge; die meisten Saugwurzeln fanden sich in der Tiefe bis 30 cm. Bei 65 cm Tiefe teilt sich die Pfahlwurzel und treibt hand- und besenförmige Ausläufer.

§ 135. Die Zeit des Wurzelwachstums.

1. Engler faßt das Ergebnis seiner ausgedehnten Untersuchungen [1]) über die Zeit des Wurzelwachstums in folgende Sätze zusammen:

„Das Längenwachstum der Wurzeln ist einer gewissen Periodizität unterworfen, die sich aber nicht mit den Wachstumsperioden der oberirdischen Pflanzenteile deckt. Vom November bis März oder April wachsen die Nadelhölzer gar nicht, während die Laubhölzer bei milder Witterung auch im Winter wachsen. Ursache des Stillstands ist die niedere Temperatur.

„Auch während der Vegetationszeit tritt insbesondere im August und September eine Ruheperiode im Wurzelwachstum ein. Ursache hievon ist die Trockenheit des Bodens.

„Am kräftigsten wachsen die Wurzeln im Frühsommer. Die Laubhölzer zeichnen sich vor den Nadelhölzern durch lebhafteres Wachstum im Herbst aus.

„Die untere Temperaturgrenze, bei welcher die Wurzeln noch wachsen können, liegt für die Nadelhölzer bei 5—6, für Bergahorn und Buche bei 2—3° C.“

2. Die praktischen Schlußfolgerungen Englers für die Wahl der Pflanzzeit lauten, daß für Gegenden mit reichlichen Frühjahrs- und Sommerregen der Frühling, in Gegenden mit trockenem Sommer und regenreichem Herbst dagegen der Herbst (genau Mitte September bis Anfang Oktober) die beste Pflanzzeit sei.

IV. Die Lebensdauer der Holzarten.

§ 136. In normalen Verhältnissen.

1. Die Lebensdauer derselben Holzart ist verschieden, je nachdem der Baum im freien, isolierten Stande oder im geschlossenen Walde sich befindet. Dies hängt mit der verschiedenen Ausbildung der Krone und der Wurzeln zusammen.

2. Die Lebensdauer ist kürzer, wenn der Baum auf einem unpassenden Standort steht.

---

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 7, 246—317. (1903).

3. Im isolierten Stande zeigen eine Dauer von
I. 3—500 Jahren: Eibe, Linde, Eiche, Kastanie, Ulme.
II. 2—300 ,, Ahorn, Tanne, Fichte, Arve, Buche, Esche.
III. 1—200 ,, Föhre, Lärche, Bergföhre.
IV. selten von 100 Jahren: Aspe, Birke, Weide, Sahlweide, Kirschbaum, Schwarzerle, Weißerle.

4. Die Lebensdauer im Bestande hängt von der relativen Höhe des Baumes, der Entwickelung der Krone und dem Lichtgenusse ab.

Letzterer Faktor ist besonders wichtig bei den Lichtholzarten. Für diese tritt im Bestandesschlusse eine erhebliche Verkürzung der Lebensdauer ein. Aspe, Eiche, Esche, Sahlweide, Kirschbaum, Erle werden an vielen Orten frühzeitig dürr.

§ 137. Die Verkürzung der Lebensdauer durch Gefahren und Schädigungen.

1. Die natürliche Lebensdauer der Holzarten wird durch besondere Gefahren abgekürzt. Diesen Gefahren sind nicht alle Holzarten im gleichen Grade ausgesetzt. Im allgemeinen sind die Nadelhölzer mehr gefährdet, als die Laubhölzer[1]). In großen Waldungen bleiben die einzelnen Beschädigungen vielfach unbemerkt; sie fallen bei der größeren Ausdehnung des Besitzes nicht so ins Gewicht, wie bei kleinem Besitze. Man braucht nur das Verhalten verschiedener Waldeigentümer zu beobachten, wenn Invasionen von Raupen oder Käfern etc. drohen und Vorbeugungs- oder Abwehrmaßregeln ergriffen werden sollen. Der Großbesitzer, der durch die weit verbreitete Lage seiner Waldungen den Schaden ausgleichen kann (durch Reduktion des Nutzungsquantums in anderen Bezirken bei Sturmverheerungen etc.), steht solchen Schädigungen anders gegenüber, als der mittlere oder gar kleine Besitzer. Dies erkennt man deutlich an dem großen Interesse, das der Kleinbesitzer den Vorbeugungs- und Abwehrmitteln entgegenbringt.

Erst wenn man die ungemein große Zahl der Gefahren und Krankheiten im Zusammenhang überblickt und erwägt, daß im Walde ein großer Teil derselben alljährlich, bald in großem, bald in kleinem Umfang auftritt, wenn man endlich die jährliche Summe der so verursachten Schädigungen sich vor Augen hält, erst dann erkennt man die hohe Bedeutung dieser Störungen der Wirtschaft. In Nadelholzgebieten nimmt man vielfach bei Aufstellung der Wirtschaftspläne einen außerordentlichen Anfall von 10 % des normalen Nutzungsquantums in Rechnung, der durch Gefahren aller Art herbeigeführt wird.

Bei einem Nutzungsquantum von 10 000 Fm würde der außerordentliche Anfall 1000 Fm betragen. Rechnen wir auch nur eine Preis-

[1]) Eine übersichtliche Zusammenstellung der Gefahren und Krankheiten jeder einzelnen Holzart bei Heß, Die Eigenschaften u. d. forstl. Verhalten der Holzarten. [3]1905.

minderung von 5 ℳ pro Festmeter, so beträgt der Schaden 5000 ℳ. Wie oft mag er auf 10 000 ℳ und darüber anschwellen!

2. Eine kurze Übersicht über die dem Walde drohenden Gefahren wird die obigen Sätze näher beleuchten[1]).

Schon den jungen Pflanzen kann Frühjahrsfrost, Barfrost, Herbst- und Winterfrost, Dürre, Gras- und Unkrautwuchs verderblich werden. Überschwemmungen, Schnee-, Duft-, Eisanhang, Wind und Sturm, Blitz, Hüttenrauch, Feuer, Rindenbrand können fast in allen Altersstadien schädlich werden.

Hirsche, Rehe, Wildschweine, Hasen, Eichhörnchen, Mäuse, Weidetiere: Ziegen, Rindvieh, Pferde, in geringem Grade Schafe, Auerwild, Finken und andere Singvögel, Kreuzschnäbel etc. bringen bald den Samen, bald den Keimlingen, oder jungen und älteren Pflanzen Schaden.

Fast alljährlich im kleinen, von Zeit zu Zeit im großen treten die Insekten verschiedenster Art als schadenbringend, manchmal verheerend auf.

Wurzelpilz, Krebs (bei Tanne, Lärche, Buche, Eiche), Schütte, Blasenrost, Baumschwamm, Rot- und Weißfäule durchlöchern junge und alte Bestände und vermindern Brauchbarkeit und Wert des Holzes. Steinschlag und Lawinen vernichten manchmal einzelne Bäume, öfters ganze Bestände.

Auch der Schaden durch Menschen, insbesondere in der Nähe der großen Städte durch Zertreten der jungen Pflanzen, Abschneiden der Gipfel, Schälen der Rinde, Verursachen von Waldbränden etc. ist mancherorts nicht gering zu veranschlagen.

3. Gretsch hat gelegentlich der Versammlung des Deutschen Forstvereins in Heidelberg 1909 eine zusammenfassende Übersicht über die Schädigungen in Baden mitgeteilt[2]). Er schließt mit den Worten, daß in den letzten 50 Jahren die Naturgewalten zwölfmal, durchschnittlich alle 4—5 Jahre, die Betriebspläne großer Waldgebiete empfindlich gestört haben.

Eine solche Übersicht wäre für alle Waldgebiete zu wünschen. Würde der Schaden in Geld ausgedrückt, es würde eine erschreckende Summe sich ergeben.

Auf ähnliche Erhebungen gestützt, stellt Meister[3]) als erste Pflicht des Wirtschafters die Erziehung gesunder, widerstandsfähiger, gegen Schädigungen „immuner" Bestände auf.

4. Praktisch entscheidend ist bei bestimmten Holzarten, ob das Holz bei gewissem Alter noch brauchbar und gesund sich erhält. Unter diesem Gesichtspunkt kommt hauptsächlich die Fichte in Betracht.

[1]) Vgl. R. Beck, Die Insekten- und Pilzkalamitäten im Walde. Thar. J. 60, 1—65.

[2]) Bericht über die Versammlung. S. 67.

[3]) Schweiz. Zeitschr. 1912, 77.

Flury[1]) hat den Gesundheitszustand der Fichte in den schweizerischen Versuchsflächen genauer erhoben. Beim Aushieb des Nebenbestandes wurde jeder von der Rotfäule befallene Stamm besonders notiert. Von 275 Fichtenversuchsflächen sind 210 oder 76,4 % von der Rotfäule befallen. Sie tritt schon in Beständen von 20—25 Jahren auf und steigt in ihrer Ausdehnung mit dem höheren Alter.

Ähnliche Untersuchungen werden seit 1902 in Württemberg angestellt.

5. Die Bestockung aller Waldungen ist ja nur ausnahmsweise vollkommen zu nennen. Blößen, größere und kleinere Lücken verringern die wirklich produktive Waldfläche in erheblichem Grade. Es fehlt leider an einer Zusammenstellung der Bestandesbonitäten, die waldbaulich von höchstem Interesse sein müsste. Um ein Bild von der Bedeutung dieses Umstandes zu gewinnen, müßten wir einen Blick in die Wirtschaftspläne verschiedener Gebiete werfen. Höchst selten begegnen wir in der Spalte Vollkommenheitsgrad der Ziffer 1,0. Meistens wird er auf 0,9, in Nadelholzgebieten, sogar in jungen und mittelalten Beständen auf 0,8, in alten auf 0,7 und 0,6 schätzungsweise angegeben. Man kann ohne Bedenken sagen, daß insbesondere in Nadelholzgebieten 10 %, wenn nicht gar 15—20 % der Waldfläche nicht voll bestockt sind. Schwappach und Grundner geben ihren Normalertragstafeln Tabellen bei, in welchen die Normalerträge auf 0,9—0,5 der normalen Bestockung reduziert sind.

6. Die ganze waldbauliche Tätigkeit muß von der Rücksicht auf die Gesundheit der Bestände und der Brauchbarkeit des erzeugten Holzes beherrscht sein. Jeder Waldteil müßte nicht nur nach Boden und Lage, sondern auch nach seiner Gefährdung durch schädliche Naturereignisse (Sturm, Schnee, Frost, Dürre etc.) beschrieben sein. Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Gefahren nach Gegenden[2]) und selbst Waldteilen wechseln. Die „Waldbeschreibungen“, wie sie den Wirtschaftsplänen früherer Jahrzehnte als Grundlage dienten, enthalten auch hierüber genauere Mitteilungen. Sie sind daher in dieser Beziehung weit über die heutigen kurzen Betriebspläne zu stellen.

V. Die Fortpflanzung der Holzarten.

§ 138. Das Samentragen der Waldbäume.

1. Die Arten der Fortpflanzung:
a) durch Samenabfall,
b) durch Stockausschläge,
c) durch Wurzelausschläge,
d) durch Absenker

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 9, 251.
[2]) Vgl. u. a. die Schweizerische Lawinenstatistik.

sind wissenschaftlich gleich wichtig, weil in bestimmten Fällen bald von der einen, bald von der anderen, bald von mehreren zugleich Anwendung gemacht wird. Ob die eine oder die andere auf größeren oder kleineren Flächen angewendet wird, ist für die theoretische Betrachtung unwesentlich.

Im Mittelalter und bis in die neuere Zeit herein herrschten die Ausschlagwaldungen in mittleren und niedrigen Lagen weit vor. In den südlichen Teilen der Alpen, in Ungarn, in Italien, Frankreich, Belgien spielt der Ausschlagwald auch heutzutage eine bedeutende Rolle.

Auf die Art der Verjüngung hat man sogar die Unterscheidung der Betriebsarten gegründet, obgleich die Verjüngungsart kein durchgreifendes Merkmal der Betriebsart ist (Stockausschläge im Samenwalde; Samenpflanzen im Ausschlagwalde).

2. Für waldbauliche Zwecke ist das Gewicht des Samens verschiedener Holzarten von entscheidender Bedeutung, weil die Art der Verjüngung vom Gewichte der Samenkörner und ihrer Verbreitung durch den Wind abhängt.

Alle Nadelhölzer, mit Ausnahme der Arve, sodann Birke, Ahorn, Esche, Ulme, Hainbuche, Linde, Aspe, Weiden (Weißerle) haben geflügelten Samen, der vom Samenbaum weithin sich verbreitet, „anfliegt". Die aus diesem anfliegenden Korn entstandenen jungen Pflanzen bezeichnet man daher mit dem Namen „Anflug", während die aus schwerem Samen (Eiche, Buche, Kastanie, Sorbusarten) herrührenden Pflanzen „Aufschlag" genannt werden.

Die Verbreitung auch der schweren Samenarten geschieht vielfach durch Vögel, auch Eichhörnchen, Mäuse. Eichelhäher tragen die Eicheln vielfach auf die entgegengesetzte Talseite, mehrere hundert Meter weit weg.

Der ganze Verjüngungsbetrieb muß auf die Möglichkeit der weiteren Verbreitung des Samens gegründet werden. Die Verbreitung des Samens durch den Wind ist im Gebirge von großer Bedeutung. Die Bestockung großer Schutthalden durch die Nadelhölzer oder die Alpenerle geht ohne Zutun des Menschen vor sich.

3. Systematische Beobachtungen über den Samenertrag der wichtigsten Holzarten sind aus Preußen für die 20 Jahre 1874—93[1]), aus Baden für die 25 Jahre 1886—1910[2]) bekannt geworden. In den 10 Jahren 1885—94 hat der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten Erhebungen über das Samentragen veranstaltet, die Wimmenauer[3]) zusammengestellt hat.

Eine Vergleichung der Samenjahre zeigt, daß nur das Jahr 1888 in allen Gebieten durch einen hohen Ertrag sich auszeichnet. In Baden ist

[1]) Schwappach, Z. f. F.- u. Jw. 1895, 147.
[2]) Seeger, Nat. Z. f. F.- u. Lw. 1913, 529.
[3]) Hauptergebnisse zehnjähriger forstl.-phänol. Beobachtungen. 1897.

dagegen im Jahre 1888 der Samenertrag der Föhre gering, während er in Preußen hoch war.

Der Samenertrag ist nach Ländern und Gegenden im gleichen Jahre verschieden. Die badische Vorschrift, daß jährlich in allen Bezirken Erhebungen anzustellen sind, ist daher sachlich begründet. Wenn auch Schätzungen des Ertrags nicht zu umgehen sind, allen Angaben also einige Unsicherheit anhaftet, so zeigen doch die geographischen Unterschiede, daß die Beobachtungsfehler sich bis zu einem gewissen Grade ausgleichen.

Die Ergebnisse der badischen und preußischen Statistik sind von hohem praktischen Werte. Die Tanne hat das höchste Samenerträgnis. Bei der Fichte sind die günstigen Ernten nicht so häufig, wie bei der Tanne. Die Föhre ist durch einen ziemlich gleichmäßigen Verlauf der Erntekurve ausgezeichnet. Für diese 3 Nadelhölzer ist alle 2, auch 3 Jahre auf ein Samenjahr zu rechnen. Die Buche ist charakterisiert durch einen sehr unregelmäßigen Verlauf der Erntekurve; keine Holzart zeigt so viele Fehlernten, wie die Buche. Am wenigsten Mast liefert in Baden die Eiche. Alle 6—8 Jahre ist bei Eiche und Buche auf einen guten Ertrag zu rechnen.

Die von Schwappach für Preußen ermittelten Werte stimmen mit den badischen gut überein.

4. Die folgende Übersicht über die Samenjahre kann nur zur allgemeinen Orientierung dienen, da die Wiederkehr der Samenjahre nach Holzarten, Standort und Jahreswitterung verschieden ist.

Es pflegen im allgemeinen Samen zu tragen:
alle Jahre: Birke, Aspe, Weide, Ulme (auch Föhre, Tanne);
nach je 2 bis 3 Jahren: Föhre, Fichte, Tanne, Hainbuche, Esche;
nach je 6 bis 8 Jahren: Lärche, Linde, Ahorn;
nach je 8 bis 10 Jahren: Buche, Eiche.

§ 139. Die Ursachen des Blühens und Samentragens.

1. Die allgemeinen Bedingungen des Samentragens sind von den Pflanzenphysiologen ziemlich genau erforscht[1]). Über die Bedingungen des Blühens unserer Waldbäume, über den reichlichen oder spärlichen Blütenansatz in einzelnen Jahren, über die Wiederkehr der Samenjahre sind dagegen die Forschungen und Beobachtungen noch unzureichend.

Von welchen Einflüssen der Eintritt der reichen Samenjahre und ihre Ausdehnung über sehr weite Gebiete — z. B. von der Schweiz bis

[1]) Außer den mehrfach zitierten Werken von Pfeffer, Sachs, Kerner, Hartig etc. sind zu nennen: Knuth, Handbuch der Blütenbiologie; die Literaturangabe zählt 2871 Nummern. Strasburger, Die Bestäubung der Gymnospermen. Jenaische Zeitschr. 1871.

an die russische Grenze — oder die Beschränkung des Samentragens auf kleine Inseln abhängt, ist noch nicht aufgeklärt. Ebenso wenig ist ermittelt, warum in einem Jahre nur die eine oder andere Holzart Samen trägt, in einem andern mehrere Holzarten reichlich blühen (so 1909: Fichte, Tanne, Föhre, Buche, Eiche). Warum gewisse Holzarten alle Jahre, andere alle 3—4 Jahre blühen usw., ist auch nicht festgestellt. In reichen Samenjahren läßt sich beobachten, daß 80—90 % der Bäume reichlich Samen tragen, die dazwischen stehenden 10 % dagegen ohne Samen bleiben; wie umgekehrt, bei geringer Samenernte nur einzelne Stämme beteiligt sind, die große Masse aber fruchtleer bleibt usw. Aus den Berichten der Samenhandlungen ersehen wir, daß eine Samenernte in den weitaus meisten Jahren nur auf eng begrenzten Gebieten in Aussicht zu nehmen ist. Ein geringes Quantum von Samen dagegen an ganz vereinzelt auftretenden Samenbäumen erwächst fast jedes Jahr.

2. Die Untersuchungen in Preußen und Baden haben wichtige geographische Unterschiede des Blühens und Samentragens nachgewiesen. So hebt Schwappach hervor, daß die Samenernten im Westen von Preußen häufiger und reichlicher seien, als im Osten. Nur die Föhre macht eine Ausnahme; im Westen zeigt diese einen auffallend geringen Samenertrag. Andererseits ist der Samenertrag der Fichte in Schlesien und Ostpreußen besser, als im Harz oder Thüringerwald. Dem Spätfrost mit seinen verderblichen Wirkungen muß ein geradezu entscheidender Einfluß auf die Samenproduktion zugeschrieben werden. Auch die badischen Untersuchungen lassen den Einfluß des Spätfrostes deutlich hervortreten, insbesondere in der Baar und im Odenwald. Die wärmeren Gebiete Badens, namentlich die Gegend am Bodensee, zeichnen sich durch öftere und reichlichere Samenjahre aus.

Die Bedeutung solcher Erhebungen für die natürliche Verjüngung kann nicht genug betont werden. Die Bedingungen für die natürliche Verjüngung sind am Bodensee, im Rheintal, auch im preußischen Westen viel günstiger, als in den östlichen und kälteren Bezirken. Die Einwirkung des Frostes ist besonders hervorzuheben.

Es sind in der Hauptsache die Wärmeverhältnisse, welche in ihrem Einflusse auf das Samentragen deutlich hervortreten. Von einigen weiteren Faktoren des Blühens und Samentragens soll im folgenden die Rede sein.

3. Der Ansatz von Blüteknospen unterbleibt:

a) bei üppiger Entwickelung der vegetativen Teile und

b) im umgekehrten Falle bei mangelnder Ernährung (dem Hungerzustand) der Bäume.

Zur Frucht- und Samenbildung ist, wie die Untersuchungen von Hartig und Weber zeigen, eine große Menge organischer und anor-

ganischer Stoffe nötig, die neben den Reservestoffen, die sich alljährlich in den Wurzeln, in der Rinde, im Mark, in den Zweigen ablagern, aufgezehrt werden [1]). Je reicher der Boden ist, um so weniger wird er an solchen Stoffen erschöpft, um so bälder werden sich die nötigen Mengen wieder angesammelt haben, um so öfter können die Samenjahre wiederkehren. Die Ernährung der Bäume [2]), der Standort und die Witterung spielen eine entscheidende Rolle.

4. Der Wasservorrat im Waldboden ist, wie oben wiederholt nachgewiesen wurde, in der Regel nicht groß. Für Obstbäume wird das Bewässern während der Blütezeit besonders empfohlen [3]). Es wird auch im Walde diesem Umstand mehr Rechnung getragen werden müssen. Wenn auf vergrastem Boden die Verjüngung erschwert ist, kann dies zum Teil auf geringem Fruchtansatz beruhen.

5. Genügende Einwirkung des Lichtes im Blütejahr ist eine weitere Bedingung für die Befruchtung und den Fruchtertrag. Bei schwacher Beleuchtung werden nicht alle Entwickelungsstufen erreicht [4]). Die Sonnenscheindauer, die Nebel- und Wolkenbildung, die Zahl der heiteren und trüben Tage müssen für die einzelnen Gegenden in Betracht gezogen werden. Die geringere Lichteinwirkung auf die dicht stehenden oder im Kronenraum zurückbleibenden Stämme das öftere und reichlichere Samentragen isoliert, oder am Wald- und Bestandesrande, an Wegen und Blößen, oder an Lücken stehender Bäume, das reichlichere Samentragen der dem Licht zugekehrten Seiten der Baumkronen, auch die Unterschiede verschiedener Expositionen werden auf den Einfluß der Beleuchtung, wenn nicht ausschließlich, doch vorherrschend zurückzuführen sein.

6. Die Frühjahrswitterung ist insofern von Wichtigkeit, als durch Regen in der Blütezeit der Pollenstaub verdorben wird. Bei Koniferen kommt hinzu, daß noch nie die Übertragung des Pollens durch Insekten beobachtet wurde [5]), daher die Verstäubung des Pollens von Wind und Feuchtigkeit abhängig ist. „Das Ausfallen des Pollens ist nur von Wert, wenn trockene Witterung herrscht [6]). Die Luft sollte nur mäßig bewegt sein, nur ein leichtes Rauschen stattfinden damit der Pollenstaub von den unten stehenden männlichen Blüten aufwärts steigen kann. Die Fruchtanlage öffnet sich ebenfalls in trockener Luft.“ Bei Föhren ist die Witterung zweier Jahrgänge von Bedeutung, da der

[1]) Dasselbe ist bei den doch gedüngten Obstbäumen der Fall. „Im großen Durchschnitt rechnet man auf 10 Jahre 1 sehr reiches, 2 gute, 4 mittlere, 2 geringe und 1 Fehljahr.“ Göthe, Deutscher Obstbau, 124.

[2]) Bei den Obstbäumen ist nach den Untersuchungen von Remy insbesondere die Stickstoffversorgung wichtig. Mitt. d. D. Landw.-Ges. 1913, 416.

[3]) Pfeffer, a. a. O. 2, 104.

[4]) Göthe, a. a. O. 124.

[5]) Knuth, a. a. O. II., 2, 552.

[6]) Kerner, Pflanzenleben, [2]2, 106.

in die Mikropyle eingewanderte Pollen im Sommer, Herbst und Winter unverändert bleibt und erst nach einem Jahr die Pollenschläuche sich entwickeln[1]).

Hier wäre der Frage der Selbstbestäubung und der Fremdbestäubung zu gedenken. Für die Waldbäume ist diese Frage noch nicht genügend erforscht. Manche Beobachtungen lassen die Fremdbestäubung als notwendig erscheinen. So tragen einzelne, im Walde zerstreut auftretende Tannen nie oder nur selten Samen.

Die günstige Lufttemperatur beschleunigt den Verlauf der Blüte, wodurch die verschiedenen Gefahren, die der Blüte durch Insekten etc. drohen, eingeschränkt werden.

7. Vergleicht man die Angaben verschiedener botanischer Schriften über das Alter, in dem die Waldbäume zu blühen pflegen, so ergibt sich kein sehr großer Unterschied.

Im freien Stande tritt die Blüte etwa 10, auch 15—20 Jahre früher ein, als im geschlossenen Bestande.

Fast alle Holzarten tragen erstmals mit dem 20.—30. Jahre Samen. Birke, Schwarzerle, Linde auch Lärche werden auch schon mit 15 bis 20 Jahren mannbar, während Eiche und Arve selten vor dem 50. Jahre Samen tragen.

Im geschlossenen Bestande ist die Zeit der Mannbarkeit auf das 40.—60. Jahr hinausgerückt.

Wenn man den Beginn des Samentragens gewöhnlich auf die Zeit nach Abschluß des Höhenwachstums, also nach dem stärksten Verbrauch der Nährstoffe ansetzt, so ist dies für den geschlossenen Bestand im allgemeinen zutreffend. Wie die Keimfähigkeit der in verschiedenen Altersperioden erwachsenen Samen und die Entwickelungsfähigkeit der aus diesen Samen erwachsenen Pflanzen sich gestaltet, darüber fehlen genaue Nachweise.

8. Vielfach werden die Samen gesammelt und in anderen, manchmal weit entfernten Gegenden zur Aussaat verwendet. Bei manchen Holzarten, namentlich bei der Föhre, zeigen die aus „fremdem" Samen erwachsenen Pflanzen ein kümmerliches Gedeihen. Diese Wahrnehmung hat zu ausführlichen Debatten über den Einfluß der Herkunft (Provenienz) des Samens Veranlassung gegeben. Vgl. III. Teil. 4. Abschnitt B. I. Die Saat.

§ 140. Stockausschläge, Wurzelausschläge, Absenker.

1. Die Ausschlagfähigkeit der einzelnen Holzarten ist sehr verschieden. Am reichsten und kräftigsten bilden Ausschläge: Erle, Ahorn, Linde, Hainbuche, Esche, Aspe, Birke, Pappel, Eiche, Weide, Kastanie. Dicht aber nicht sehr kräftig sind sie bei der Buche.

---

[1]) Kerner, a. a. O. [2]2, 379.

Boden und insbesondere Klima üben auf die Dichtigkeit der Ausschläge, namentlich aber auf den Höhen- und Stärkewuchs sehr bedeutenden Einfluß aus.

Über die Wachstumsverhältnisse der Ausschläge fehlen leider noch Untersuchungen. Verschiedene Mitteilungen aus dem badischen Rheingebiet sind von Hamm[1]) gemacht worden.

2. Auch über die Dauer der Ausschlagfähigkeit sind bestimmte Angaben nicht vorhanden. Der Zeitraum schwankt zwischen 30 bis 50, auch 60; bei Weiden und auch Weißerlen 20—30 Jahren. Je älter der Stock ist, um so schwächlicher sind die Ausschläge.

Hohe Dauer haben: Eiche, Kastanie, Hainbuche, Ulme, Schwarzerle; geringe Dauer: Buche, Esche, Ahorn, Birke.

3. Bedingungen des Ausschlags der Stöcke sind:

a) Reichlicher Luftzutritt.

b) Gute Ernährung der Mutterpflanze.

c) Nicht zu hohes Alter der Stöcke; 20—30 Jahre sind im allgemeinen die oberen Grenzen, bis zu denen noch reichlicher Stockausschlag erwartet werden kann.

d) Mildes Klima, da Frühjahrs- und Herbstfröste die Stockausschläge schädigen.

4. Die Vermehrung durch Wurzelausschläge oder Wurzelbrut hat einige Bedeutung nur bei Aspe, Weißerle, Akazie, Pappel.

5. In bestimmten, aber nur ganz ausnahmsweise vorkommenden Fällen bedient man sich zur Vermehrung der Bestockung der Absenker: auf steinigem, flachgründigem Boden, an verödeten Stellen, steilen Halden. An solchen Orten kann die Bestockung durch Absenkerbildung von den wild vorkommenden Holzarten erreicht werden, wo andere Verfahren unanwendbar oder zu teuer sind (in ausgedehntem Maße auf den Jurahängen bei Biel und Neuenburg).

6. Daß auch bei Fichten Fortpflanzung durch Absenker möglich ist, dürfte weniger bekannt sein. Schröter und Kirchner haben von Schübeler den Ausdruck Senkerfichte für diese Erscheinung übernommen; dieser spricht von einer „Fichtenfamilie, die durch Absenker aus dem alten Stamm an der norwegischen Küste entstanden ist. Absenker von Fichten kommen auch im schweizerischen Jura auf den bewaldeten Weiden, dort „Wytweiden“ genannt, vor. Zahlreich traf ich sie bei Saignelégier im Berner Jura; um eine Fichte hatten sich von 40 Ästen Absenker gebildet, die aufgerichtet und selbständig geworden waren. Moreillon beobachtete am Chasseron auf Wytweiden eine Fichte von 12 m Höhe mit 30 Tochterbäumchen.[2]) Die Äste der Weidefichten reichen bis zum Boden und kriechen auf diesem fort; die

[1]) Der Ausschlagwald. 1896.

[2]) Journal forestier suisse. 1903, 195.

abgefallenen Nadeln lagern sich auf den Zweigen, fangen wohl etwas Staub auf und die Äste bewurzeln sich. An manchen Örtlichkeiten könnten vielleicht von einzelnen angeflogenen Fichten Absenker durch künstliche Bedeckung der Äste hervorgerufen und so eine allmähliche Bestockung herbeigeführt werden.

VI. Das Verhalten der Holzarten im geschlossenen Bestande.

§ 141. **Der Kronenschluß.**

1. Man kann verschiedene Schlußgrade im Walde beobachten. Die übliche Bezeichnung der Schlußgrade:

dicht geschlossen, gedrängt;
gut geschlossen; normal;
locker geschlossen;
licht geschlossen

ist im allgemeinen zutreffend. Viel unbestimmter sind die Ausdrücke räumiger Stand, lückiger Schluß, Lücke, Blöße im Bestande. Sie sollen die Abweichung vom regelmäßigen Schlusse angeben.

Den Grad der Abweichung sucht man durch den zahlenmäßigen, jedoch geschätzten „Vollkommenheitsgrad" näher zu bestimmen.

Der regelmäßige Schluß wird = 1,0 gesetzt und die Abweichung in Zehnteln ausgedrückt (0,9; 0,8; 0,7 etc.).

2. Untersucht man die Schlußverhältnisse genauer, so kann man die folgenden 3 Fälle unterscheiden:

a) Stehen die Bäume nahe beisammen und sind sie gleichmäßig oder ziemlich gleichmäßig über die Fläche hin verteilt, so berühren sich die Äste und Zweige an einzelnen Stellen, an andern greifen sie ineinander über.

Auf diese Weise entsteht der regelmäßige Schluß der Kronen oder der Schluß des Bestandes. Dieser kann in allen Altersstadien vorhanden sein: in der dichten Saat oder in der natürlichen Verjüngung von 5 Jahren, wie im 100 jährigen Bestande.

Die Dichtheit des Schlusses hängt von der Holzart ab. Die Beastung und Verzweigung, die Zahl der Nadeln und Blätter sind je nach der Holzart verschieden. Durch die Lärche mit 1 jährigen Nadeln, die Föhre mit 1- und 2 jährigen Nadeln wird bei vollständigem Ineinandergreifen der Äste niemals ein so dichter Schluß, wie von Fichte, Tanne (mit 8—12 benadelten Jahrestrieben) entstehen. Der Schluß wird im wesentlichen von den Kronen der herrschenden und mitherrschenden Stämme gebildet. Befinden sich im Bestande weitere Stämme, die sich zwischen die Kronen der herrschenden Stämme einschieben oder unter diesen sich ausbreiten, so wird dadurch ein stärkerer, dichterer Grad des Schlusses herbeigeführt.

Dieser regelmäßige Schlußgrad findet sich bei allen Holzarten, diese mögen auf natürlichem oder künstlichem Wege angekommen sein. Auch im Ausschlagwalde ist dieser Schluß vorhanden. Beim Nadelholze und der Buche bildet er die Regel; aber auch von Eiche, Esche, Ahorn, Erle, Kastanie etc. finden sich geschlossene Bestände. Auch im gemischten Bestande ist dieser regelmäßige Schlußgrad zu treffen.

b) Sind die Bäume so weit von einander abstehend, daß die Äste sich gegenseitig nicht erreichen, so spricht man von lichter Bestockung.

Der Schluß des Bestandes ist nicht vorhanden. Je größer der Abstand der Bäume von einander, je „weitständiger" die Bestockung ist, um so größer ist die Bodenfläche, welche nicht unter den Kronen der Bäume sich befindet. Beispiele hiefür sind das Oberholz im Mittelwalde, die Überhälter von Eichen und Föhren, die Reste des ursprünglich geschlossenen Bestandes im Lichtschlag, die Bestockung der Weideflächen, die zufällige Bestockung von Ödungen, Schutthalden, die Obstbaumflächen, einzeln stehende Parkbäume. Hieher gehören auch ausgedehnte Waldflächen des Hochgebirges.

c) Stehen die Bäume teils einzeln, teils in größeren oder kleineren Gruppen beisammen, so entsteht ein unregelmäßig oder ungleichmäßig bestockter Bestand mit unregelmäßigem Schlusse.

Dies ist im großen die Bestockung des Plenterwaldes oder des horst- und gruppenweise verteilten Oberholzes im Mittelwalde, des gelichteten Altholzes über der natürlichen Verjüngung und endlich auch des ursprünglich geschlossenen, aber durch Naturereignisse licht oder lückig gewordenen Bestandes.

2. Im ausgedehnten, wie im kleinen Walde finden sich alle diese Schlußgrade bunt neben- und durch-einander. Der regelmäßige, sog. normale Schluß ist meistens nur auf kleinen Flächen von 25, auch 50, höchst selten von 100 a vorhanden. Es gibt ganze Verwaltungsbezirke von mehreren tausend Hektaren, auf denen eine „normal" bestockte Fläche auch nur von 50—100 Aren überhaupt nicht zu finden ist.

Eine scharfe Trennung der verschiedenen Schlußgrade ist nur in den extremen Fällen (a und b) durchführbar. In der Regel finden sich neben der dichten und lichten Bestockung Zwischenstufen, die sich bald der einen, bald der andern Form nähern. Jede Art der Bestockung bringt eine andere Art der Kronenbildung mit sich (gleichmäßige oder einseitige Beastung, verschiedene Kronenlängen).

Bei der Beurteilung der Schlußgrade ist der Zweck der Wirtschaft nicht außer acht zu lassen. Nur unter licht stehenden oder licht bekronten, wenig schattenden Bäumen ist Graswuchs möglich; für den Weidewald muß also die lichte Bestockung oder der Plenterwald gewählt werden. Der vollständige Schluß des Bestandes kann aber durch eine verschieden große Zahl von Stämmen bewirkt werden. Ein geschlos-

sener Buchenbestand kann auf 1 ha 2—300, aber auch 6—800 Stämme enthalten.

3. Die Bestockung wird ausgedrückt durch die pro 1 ha vorhandene Zahl der Bäume oder Stämme, durch die sog. Stammzahl.

Die in normal bestockten Beständen vorhandene Stammzahl ist in § 145 nach den bisherigen Ergebnissen der Untersuchungen zusammengestellt (Tabelle 95—97).

Über die Stammzahl großer Bestände fehlen genauere Mitteilungen. Die zahlreichen Bestandesaufnahmen, wie sie insbesondere zur Aufstellung der Nutzungspläne gemacht werden, könnten ein reiches Material liefern. Wir wären dann in der Lage, die Bestockung normaler Bestände mit der auf großen Flächen tatsächlich vorhandenen zu vergleichen.

4. Das Verhältnis zwischen Fläche und Stammzahl ergibt den Standraum oder Wachsraum, welchen im Durchschnitt ein Baum des Bestandes hat.

Im 10 jährigen Bestande beträgt der durchschnittliche Standraum pro ha $\frac{10\,000 \text{ qm}}{10\,000 \text{ Stämme}} = 1$ qm; im 100jähr. $\frac{10\,000 \text{ qm}}{500 \text{ Stämme}} = 20$ qm für einen Baum.

5. Die Beschirmung der Bodenfläche wird

a) durch die Äste und Zweige,

b) die Belaubung und Benadelung bewirkt.

Beschirmung und Beschattung sind zu unterscheiden. Unter den Kronen der Bäume ist der Boden beschattet und beschirmt; neben den Kronen nicht beschirmt, nur seitlich beschattet.

Die Beschattung ändert sich mit dem Stande der Sonne, die Beschirmung wirkt ununterbrochen auf die zuströmende Lichtmenge ein.

Die Ast- und Reisigmasse beträgt pro ha je nach Holzart und Bonität im 100. Jahre 40—120 Fm.

6. Die Laub- und Nadelmenge hat Ebermayer[1]) in Bayern untersucht.

Tabelle 94.

Durchschnittlicher Anfall von 1 Jahr an Laub und Nadeln im Alter von . . Jahren kg pro ha.

	unter 30	30—60	60—90	90—130 Jahren
Buche	—	4104	4106	3988
Fichte	5258	3964	3376	3273
Föhre	—	3397	3491	4229
Der Anfall in einzelnen Beständen derselben Bonität beträgt kg				
Buche	—	(I.) 2998—6396	(III.) 3269—5044	(III.) 3938—5032
Fichte	—	(I.) 1927—3073	(IV.) 1962—6016	(III.) 2406—6864
Föhre	—	(III.) 3108—4230	(III.) 2012—4031	(III.) 2935—6038

[1]) Die Waldstreu. Anhang. S. 52.

Die Dichtigkeit der Überschirmung ist also im gleichen Alter bei gleicher Bonität verschieden. Da von der Laub- und Nadelmasse der Zuwachs abhängt, verdient dieses Schwanken der assimilierenden Blatt- und Nadelmenge mehr Beachtung, als es gewöhnlich der Fall ist. Weitere Untersuchungen über diese Verhältnisse sind dringend zu wünschen. Auf den geringeren Bonitäten ist im allgemeinen die Laub- und Nadelmenge kleiner, als auf den besseren; in einzelnen Fällen steht aber die Menge auf II. Bonität unter derjenigen der IV. Bonität.

7. Untersuchungen über den Buchenlaubanfall im Züricher Stadtwald Sihlwald, die im Juni 1892 Flury ausführte, ergaben pro 1 ha lufttrockenes Buchenlaub

Versuchsfläche	103	96 Jahre	5981 kg
„	105	98 „	5679 „
„	107	95 „	4405 „
„	109	84 „	5830 „
„	111	70 „	4317 „
„	114	35 „	6921 „

Nimmt man eine Dauer der Verwesung von 2 Jahren an, so würde der Ertrag von 1 Jahr rund 2—3000 kg betragen. (Ein niedriger Anfall in vollständig geschonten Beständen; vgl. die geringe Reisigmasse der Buchen im Sihlwald. § 159).

Bemerkenswert sind die Unterschiede im Laubanfall ungefähr gleich alter Flächen (bis 29 und 36 %).

8. In streuberechten Beständen einiger Württembergischen Reviere wurden anläßlich der Ablösung der Streurechte Untersuchungen über den Anfall von Buchenlaub gemacht [1]).

Der Ertrag an lufttrockener Laubstreu in 1 Jahr betrug kg:

Bonität	I	II	III	IV	V
	3047	2213	1462	1149	617

Die älteren Untersuchungen über Laub- und Nadelanfall hat Beling [2]) zusammengestellt. Es fanden sich von 1 Jahr „gedörrt“ meistens 3—5000 kg, in einzelnen Fällen auch 6—8000 kg (und mehr) auf den besonders angelegten Versuchsflächen vor.

9. Die Schwankungen der Laub- und Nadelmenge von Jahr zu Jahr sind sehr bedeutend. Ebermayer untersuchte dieselben Bestände 7 Jahre lang. Die höchsten und niedrigsten Erträge sind im folgenden einander gegenüber gestellt.

---

[1]) Monatschrift f. F.- u. Jw. 1876, 289.

[2]) Daselbst. 1874, 385, 433.

Ertrag an Laub und Nadeln

im Alter von	30—60 Jahren		60—90 Jahren		über 90 Jahren	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Buche . . .	4674	3814	4612	3625	4449	3364
	(100)	(82)	(100)	(79)	(100)	(76)
Fichte . . .	4477	3572	4101	2138	3943	3201
	(100)	(80)	(100)	(52)	(100)	(81)
Föhre . . .	4040	2114	3840	2429	4999	3795
	(100)	(52)	(100)	(63)	(100)	(76)

Selbst im Durchschnitt aller Flächen betragen die Unterschiede im Laub- und Nadelabfall bis zu 50 %.

Der Grund wird in den Witterungsverhältnissen der verschiedenen Jahre zu suchen sein, die aber durch die Bodenzustände in ihrer Wirkung beeinflußt sind. Diese Vermutung legt sich durch die Tatsache nahe, daß selbst in benachbarten Flächen die Maxima und Minima nicht in dasselbe Jahr fallen.

10. Der Einfluß der Waldbehandlung auf die Laub- und Nadelmenge ist nicht näher untersucht. Wie also enger oder weiter Stand, die Durchforstungen und Lichtungen auf die Laub- und Nadelmenge einwirken, ist nicht bekannt. Es bleibt noch eine empfindliche Lücke in unserem Wissen auszufüllen, da mit der Laubmenge der Zuwachs in engstem Zusammenhang steht.

§ 142. Physikalische Wirkungen des Kronenschlusses.

1. Der Bestandesschluß übt einen Einfluß aus
   a) auf den Boden und den Luftraum zwischen Boden und Krone,
   b) auf die einzelnen Bäume.

2. Die Einwirkungen auf den Boden und Luftraum und die dadurch hervorgerufenen Änderungen gegenüber dem Freilande mögen kurz zusammengestellt werden:

Es sind:

a) der Abschluß des direkten Sonnenlichts: es trifft stets nur kleine Flächen und diese nur kurze Zeit;
b) die geringe Intensität der Beleuchtung;
c) die geringere Lufttemperatur;
d) die geringere Bodentemperatur;
e) die geringere Verdunstung;
f) eine größere relative Luftfeuchtigkeit;
g) die Abschwächung des Windes;
h) die geringere Transpiration;
i) die größere Bodenfeuchtigkeit, wenigstens in den oberen Schichten;
k) die geringere Niederschlagsmenge;

l) die veränderte Konsistenz des Bodens;
m) die Ausbildung einer Humusschichte;
n) das Auftreten einer Laub-, Nadel-, Moosdecke.

3. Die Wirkungen des Kronenschlusses auf die einzelnen Bäume des Bestandes sind zum Teil verwickelter Natur.

a) Die einzelnen Baumindividuen haben eine verschiedene, schon beim einjährigen Pflänzchen deutlich erkennbare Entwickelungsfähigkeit. Diese ist schon durch das Samenkorn gegeben, wie die Saaten und die Versuche mit Samenkörnern verschiedener Größe zeigen.

Diese Entwickelungsfähigkeit wird durch die häufig wechselnde und nirgends ganz gleichartige Bodenbeschaffenheit und durch die sonstigen Wachstumsfaktoren in verschiedener Weise und in verschiedenem Grade beeinflußt, bald gefördert, bald gehemmt.

Der mehr oder weniger dichte Stand, die Möglichkeit der Wurzelausbreitung, die Versorgung mit Wasser, die Beschattung durch die vorwachsenden Pflänzchen bringen schon im Saatbeet sehr große Unterschiede im Wachstum hervor.

Marstaller[1]) hat eine kleine Tabelle über die Untersuchung 2 jähriger Pflanzen mitgeteilt.

Holzart 2jährig	Höhe der Pflanzen		Wurzellänge der Pflanzen	
	II. Klasse	III. Klasse	II. Klasse	III. Klasse
	durchschnittlich niederer als die der Pflanzen I. Kl. um cm		durchschnittlich kürzer als die der Pflanzen I. Kl. um cm	
Fichte	3	5—6	4	7
Weißtanne . .	1	2	4	7
Föhre	3	5—6	4	8
Lärche	9	12	4	7
Stieleiche . . .	12	19	11	18
Traubeneiche .	9	18	10	18
Bergahorn . .	10	15	6	9
Schwarzerle . .	7	11	7	12

Bei den Laubhölzern treten die Unterschiede in stärkerem Grade hervor, als bei den Nadelhölzern. In den Versuchsbeeten waren die Bodenverhältnisse möglichst gleichmäßig gestaltet. Bei verschiedenen Bodenschichten, beim Vorhandensein von Steinen, beim Wechsel von nassen oder durchlassenden Stellen etc. werden die Unterschiede noch viel erheblicher sein.

Mit zunehmendem Alter werden diese Unterschiede immer größer, so daß in 5—6 jährigen Beständen sich bereits verschiedene Entwickelungsstufen — nach Höhe, Beastung und Wachstumsenergie überhaupt — unterscheiden lassen.

---

[1]) Mitt. d. Württ. V.-A. 1, 59.

b) Im Einzelstande oder in kleinen Gruppen kann sich auch der zurückbleibende Stamm bis zu hohem Alter lebensfähig erhalten (Weidewald, Plenterwald, sehr weite Pflanzungen, einzeln stehende Pflanzen auf Ödflächen).

c) Stehen die Pflanzen nahe beisammen, so daß Äste und Wurzeln einander berühren oder in einander übergreifen, so tritt eine gegenseitige Beeinflussung der Pflanzen ein.

α) Die Ausdehnung der Beastung und des Wurzelnetzes ist nicht mehr frei und ungehindert.

β) Die Pflanzen genießen nicht mehr dieselbe Beleuchtung und Erwärmung, auch nicht mehr denselben Schutz gegen Winde etc.

Dadurch wird die Verschiedenheit der Höhen- und Kronenentwickelung noch gesteigert; es bilden sich verschiedene Stärkestufen, Höhenstufen und verschiedene Baumklassen (§ 146) aus.

§ 143. Die chemische Einwirkung des Bestandesschlusses auf den Boden.

1. Der geschlossene Bestand hat außer den oben (§ 142) hervorgehobenen Wirkungen auch chemische Einflüsse auf den Boden, welchen er bedeckt. Man hat diese Wirkungen mit dem Ausdruck „Bodenverbesserung“ bezeichnet.

2. Die „Bodenverbesserung“ besteht einmal darin, daß die oberen Bodenschichten durch den Abfall und die Verwesung von Laub und Nadeln an organischen und anorganischen Nährstoffen reicher werden.

3. Ferner kann sich unter dem geschlossenen Bestande eine dichte, langsam verwesende Humusschichte erhalten, die eine chemische Verbesserung des Bodens und eine Förderung des Wachstums bedeutet.

4. Da die Belaubung und Beschattung, sowie der Laub- und Nadelabwurf verschiedener Holzarten, nicht gleich ist, so hat man einzelne, so die Buche, Föhre, Schwarzföhre als besonders „bodenverbessernde“ ausgeschieden. Inwieweit hiebei die Förderung der Tätigkeit der Bakterien in Betracht kommt, ist noch unentschieden.

5. Diese sog. „bodenverbessernde“ Eigenschaft einzelner Holzarten kann nicht überall dieselbe Bedeutung haben. Sie wird zurücktreten, wo die Bodenart besonders fruchtbar oder die klimatischen Verhältnisse (Wärme, Niederschläge) besonders günstig sind.

6. Besondere Fälle der Anwendung dieser Eigenschaft sind die Bestockung öder Flächen zunächst mit anspruchslosen Holzarten, sodann die Anzucht gemischter Bestände, der Unterbau lichter Bestände.

§ 144. Die tatsächlichen Schlußverhältnisse im großen Betriebe.

1. Voller und regelmäßiger Schluß ist namentlich in älteren Beständen nur auf kleinen Flächen vorhanden. Es hält schwer, zu Versuchsflächen geeignete, 25—50 a große vollständig (normal) geschlossene Stellen im Walde, selbst im Buchenwalde, aufzufinden. Störungen aller Art (Sturm, Schnee, Insekten, Pilze) durchbrechen oft schon im 20—30 jährigen Bestande den dichten Schluß; es entstehen kleinere und größere Lücken, auf denen 1—2, oft 5—6 Bäume fehlen. Manchmal breiten sich die Äste der Nachbarstämme in diese Lücken aus, so daß nach einiger Zeit der Schluß wieder hergestellt sein kann.

2. Wirtschaftliche Maßregeln bringen gleichfalls Änderungen im Bestandesschlusse hervor. Der Aushieb unerwünschter Holzarten, die manchmal zu den herrschenden Baumklassen gehören, starke Durchforstungen, Freihauen von Lichthölzern, der Lichtwuchsbetrieb, die verschiedenen Lichtungshiebe zum Zweck der natürlichen Verjüngung — alle diese Eingriffe in den Bestand sind mit der Unterbrechung des dichten Schlusses verbunden. Pflanzungen sind in der ersten Jugend, vielfach bis zum 8. und 10. Jahre, bei weitem Pflanzbestande oft bis zum 20. Jahre nicht geschlossen; auch in licht bestockten natürlichen Verjüngungen wächst ein Teil des Jungwuchses in licht geschlossenem Stande auf. Im Mittelwalde verzichtet man für das Oberholz von vorneherein auf den Schluß des Bestandes. Auch im Plenterwalde gibt es wohl geschlossene Horste, die älteren Stämme aber stehen einzeln oder gruppenweise über die ganze Fläche hin.

Die Wirkungen des Bestandesschlusses sind daher im strengsten Sinne nur auf kleinen Flächen tatsächlich vorhanden. In Wirklichkeit sind alle Übergänge vom geschlossenen Bestande zur lückigen, oder lichten Stellung und zum Einzelstande vertreten. Den Wechsel der Wachstumsbedingungen zeigt die Bodenflora in unverfälschter Weise an.

3. Am Waldrande, vielfach auch am Bestandesrande im Innern des Waldes ist die Wirkung des Kronenschlusses teilweise aufgehoben. Die Einwirkung des Windes, des seitlich zuströmenden Lichtes, der seitlich einfallenden Wärmestrahlen der Sonne bringen Veränderungen im Boden selbst unter dem dicht geschlossenen Bestande hervor. Das Auftreten verschiedener Sträucher am Waldesrande, die Bildung einer Moosdecke, die Verrasung des Bodens, das Verwehen des Laubes, die Austrocknung und Verhärtung des Bodens sind ein deutliches Zeichen für den veränderten Bodenzustand.

Die Einwirkung erstreckt sich meistens etwa 10, selten 20 m oder weiter in den Bestand hinein. Nur in exponierter Lage, am Meere, auf Bergkuppen, läßt sich der Einfluß des Windes auf weitere Entfernungen hin beobachten.

VII. Die Wachstumsverhältnisse.

§ 145. Die Stammzahl in normal bestockten Beständen.

1. Bei Aufnahme von Versuchsflächen wird die Stammzahl normal bestockter Bestände verschiedener Holzarten, verschiedener Altersstufen und Bonitäten erhoben. Die in der Tabelle 95 enthaltenen Zahlen sind Durchschnittswerte und beziehen sich auf den nach der Durchforstung bleibenden Bestand, den Hauptbestand. Die einzelnen Bestände, aus denen diese Durchschnitte abgeleitet sind, weichen nach oben und unten oft bedeutend von ihnen ab. Die Stammzahl ist überhaupt eine sehr schwankende Größe unter scheinbar gleichen Verhältnissen. Sie ist verschieden nach Holzarten, und innerhalb der Holzart nach Bonitäten und Altersklassen, sowie nach der Begründungsart und Waldbehandlung.

2. Die Zahlen der Tabelle 95 sind den Ertragstafeln entnommen. Des Raumes wegen können nur Auszüge aus diesen Tafeln mitgeteilt werden[1]). Diese sind so ausgewählt, daß die Länder mit den höchsten und den niedrigsten Zahlen besonders berücksichtigt werden. Von den übrigen Ländern wird in der Regel nur die I. Bonität aufgeführt.

In den Ertragstafeln sind die Werte vielfach von 5 zu 5 Jahren angegeben; hier sind die Zahlen nur je von 20 zu 20 Jahren eingestellt.

Tabelle 95.

Stammzahl des Hauptbestandes pro 1,0 ha.

1. Fichte.

1. Preußen 1902.

Bonität	Im Alter von Jahren: 20	40	60	80	100	120
I.	7348	2210	1037	598	396	284
II.	—	2560	1214	738	496	352
III.	—	3035	1472	921	638	464
IV.	—	3958	1764	1162	840	631
V.	—	5029	2311	1520	1144	—
	(30)	2. Braunschweig 1912.				
I.	2494	1659	940	563	370	282
		3. Württemberg 1899.				
I.	6300	2400	1140	680	545	508
		4. Schweiz 1907, a) Hügelland.				
I.	4500	1850	1080	700	500	—
II.	5800	2340	1280	800	570	—
III.	8100	3000	1550	920	660	—
IV.	12000	3800	1840	1060	760	—
V.	20600	5300	2210	1230	880	—

[1]) Einen Teil der vorhandenen Ertragstafeln findet man zusammengestellt in: Schwappach, Ertragstafeln der wichtigeren Holzarten. 1912. Eberhard, Tafeln zur Bonitierung und Ertragsbestimmung nach Mittelhöhen. [2] 1909. Vgl. Huffel, Les arbres et les peuplements forestiers. 1893.

5. Schweiz 1907, b) Gebirge.

Im Alter von Jahren:

Bonität	20	40	60	80	100	120
I.	5800	2330	1330	840	600	515
II.	7350	3030	1660	1010	720	600
III.	10200	4080	2080	1230	870	710
IV.	—	5630	2700	1570	1090	850
V.	—	9080	4000	2000	1390	1040

2. Tanne.

1. Baden 1912.

	(30)					
I.	8600	3200	1140	645	485	400
II.	12600	4500	1520	845	600	480
III.	18000	7000	2130	1160	780	590
IV	30000	12000	3200	1600	1030	755
V.	50000	27000	5900	2500	1500	1050

2. Württemberg 1897.

I.	—	3600	1620	828	505	422
II.	—	5800	2620	1145	655	515
III.	—	—	3940	1790	875	606
IV.	—	—	5200	2620	1415	868

3. Föhre.

1. Norddeutsche Tiefebene.

I.	3521	1770	924	578	427	348
II.	4574	2126	1143	714	505	406
III.	—	2695	1396	883	621	491
IV.	—	3541	1828	1137	788	610
V.	—	4998	2559	1526	1041	—

2. Hessen 1886, a) Rhein-Main-Ebene.

	(30)					
I.	3880	2380	1150	590	350	280

3. Hessen 1886, b) Buntsandstein-Gebiet.

	(30)					
I.	3720	2490	1340	900	650	515

4. Buche.

1. Preußen 1893, gewöhnlicher Schluß.

I.	6310	2335	1057	672	491	393
II.	—	2840	1395	855	617	492
III.	—	3430	1810	1150	800	598
IV.	—	4055	2315	1495	1090	820
V.	—	4940	2980	2060	1500	1160

Preußen 1911, Lockerer Schluß.

	(30)					
I.	6700	4700	1570	495	275	192
II.	7300	5240	1950	656	383	280
III.	—	6000	2470	870	515	388
IV.	—	7130	3560	1360	718	521
V.	—	—	5300	2455	1155	722

2. Braunschweig 1904.

Im Alter von Jahren:

Bonität	(30)	40	60	80	100	120
I.	4249	2028	900	542	378	283

3. Hessen 1893, Oberhessen.

I.	13300	2170	967	561	364	260

4. Baden 1894.

I.	11930	2380	1230	823	627	514
II.	19200	2963	1460	969	724	588
III.	45300	3767	1765	1140	850	680

5. Württemberg 1881.

I.	—	3400	1260	820	640	480

6. Schweiz 1907.

I.	5500	1660	800	560	440	—
II.	13000	2160	1000	700	520	—
III.	15500	2880	1300	860	640	—
IV.	—	3800	1680	1060	760	—
V.	—	5000	2090	1270	940	—

7. Sihlwald 1903.

II.	—	2240	1000	640	455	—

5. **Eiche.**

1. Preußen 1905.

Im Alter von Jahren:

Bonität	20	40	60	80	100	120	140
I.	7580	1748	629	338	227	175	145
II.	—	3111	933	493	319	241	195
III.	—	5263	1523	724	449	341	269

2. Hessen 1900.

Im Alter von Jahren:

Bonität	20	40	60	80	100	120	140	160
I.	4820	1250	586	388	281	211	168	139
II.	6740	1590	765	482	343	257	204	166
III.	11000	2480	1060	645	448	333	259	212
IV.	16950	4060	1660	936	628	468	360	285

6. **Schwarzerle.**

Preußen 1912.

Im Alter von Jahren:

Bonität	20	40	60	80
I.	1529	677	476	405
II.	1950	833	589	513
III.	2434	984	713	—

7. **Birke.**

Preußen 1903.

	(30)			
I.	974	713	427	230
II.	1329	948	535	284

3. Aus Tabelle 95 ist leicht ersichtlich, wie bei derselben Holzart die Stammzahl mit dem Alter abnimmt. Diese Tatsache ist längst bekannt. Der zahlenmäßige Nachweis der Verminderung der Stammzahl gibt aber erst einen genaueren Einblick in diesen Vorgang.

Je nach Holzart und Bonität scheiden vom 30. bis 60. Jahr 6—10000, auch 12—20 000 und mehr Stämme aus, während vom 60. bis 90. Jahr nur 2—3000, auf guten Bonitäten sogar nur 5—600 Stämme aus dem Bestande verschwinden.

Deutlicher und leichter vergleichbar wird die Abnahme der Stammzahl, wenn sie in relativen Zahlen dargestellt und graphisch aufgetragen wird.

Dieses Sinken der Stammzahl ist bei allen Holzarten und auf allen Bonitäten ein ziemlich gleichmäßiges. Es genügen daher wenige Zahlenreihen, um den Gang der Stammzahlabnahme zu verdeutlichen.

Tabelle 96.

Abnahme der Stammzahl mit dem Alter.

Relativzahlen.

		Alter, Jahre					
	Bonität	20	40	60	80	100	120
Fichte, Schweiz, Hügelland	I	100	41	24	16	11	—
	III	100	37	19	11	8	—
Tanne, Baden	I	100	37	13	8	6	5
Föhre, norddeutsche Tiefebene	I	(30) 100	50	26	16	12	10
	III	(30) 100	68	35	22	16	12
Buche, Braunschweig . .	I	(30) 100	48	21	13	9	7
	III	(30) 100	46	18	10	6	5
Eiche, Hessen	I	100	26	12	8	6	4

Setzt man die im 20. bezw. 30. Altersjahr — die Aufnahmen der Versuchsflächen erstrecken sich nur ganz ausnahmsweise auf noch jüngere Bestände — vorhandene Stammzahl je = 100, so ergibt sich ganz allgemein aus den Verhältniszahlen, daß diese Verminderung nicht gleichmäßig vor sich geht, sondern bis etwa zum 50. auch 60. Jahre rasch, dann langsamer erfolgt. Diese Änderung hängt mit dem Höhenwachstum zusammen, das etwa mit dem 50. Jahre sinkt. Je geringer der Höhenwuchs ist, um so weniger Stämme werden überwachsen und in den Nebenbestand gedrängt.

4. Diese Zahlen stammen aus Versuchsflächen, die planmäßig durchforstet, dabei aber in normalem Schlusse erhalten werden. Zu diesem normalen Schlusse ist bei verschiedenen Holzarten und bei

derselben Holzart auf verschiedenen Bonitäten eine ganz verschiedene Zahl von Stämmen erforderlich.

Als Beispiel greife ich die Fichte heraus. Im 100. Jahr beträgt die Stammzahl pro 1 ha

	I. Bonität	II. Bonität	III. Bonität
Württemberg 1899	545 (100)	655 (100)	775 (100)
Schweiz, Hügelland	500	570	660
Preußen	396	496	638
Braunschweig	370 (68)	468 (71)	607 (78)

In Württemberg und der Schweiz stehen 130—190 Stämme mehr auf 1 ha, als in Preußen und Braunschweig. Ein Überwiegen der Stammzahl in jenen beiden Ländern ist schon im 40. Altersjahr vorhanden; es erhält sich durch die ganze Lebensperiode der Fichte hindurch.

Ähnliches sehen wir bei der Eiche. Die Stammzahl der Eiche ist in Preußen auf allen Bonitäten bis zum 80. Jahre höher, als in Hessen.

5. Ob nicht die verschiedene Waldbehandlung dabei von Einfluß ist, muß dahingestellt bleiben. Durch die einheitliche Durchforstung der Versuchsanstalten sollte dieser Einfluß gerade auf ein geringes Maß zurückgeführt sein. Daß gleichwohl die veränderten Grundsätze der Durchforstung in der Stammzahl zum Ausdruck kommen, zeigen diejenigen Staaten, für welche Ertragstafeln aus verschiedenen Zeiträumen vorhanden sind. Die ersten Ertragstafeln aus den 1870er und 1880er Jahren sind auf Beständen aufgebaut, die im gewöhnlichen praktischen Betriebe, damals in der Regel schwach (A—B-Grad) durchforstet waren. Die neueren Ertragstafeln beruhen auf Beständen, die mehrere Jahrzehnte hindurch im B- oder auch C-Grad erhalten wurden.

Die Wirkung auf die Stammzahl tritt deutlich hervor bei der Tanne in Baden und Württemberg, bei der Fichte in Württemberg, der Buche im Sihlwald, der Föhre in der norddeutschen Tiefebene. Die neueren Ertragstafeln zeigen fast ohne Ausnahme geringere Stammzahlen. Die stärkeren Durchforstungen wirken so auf die Entwickelung der Stämme ein, daß der Schluß von einer geringeren Stammzahl hergestellt wird[1]).

[1]) Es ist nicht ohne Interesse, mit diesen neueren Stammzahlen diejenigen von G. L. Hartig (Taxation der Forste 1795, S. 38, Tabelle) zu vergleichen. Hartigs „guter Boden" wird etwa der I. Bonität entsprechen.

Nadelholz, Alter		20	40	60	80	100 Jahre
	Stammzahl	9100	4550	1820	1360	1360
Buchen, Alter		—	30—40	60	90	120 Jahre
	Stammzahl		5910	2270	910	910
Eiche, Alter		40	80	120	160	200 Jahre
	Stammzahl	5910	1370	910	455	455

„Viele Versuche" in der Wetterau haben die Ansätze für die Buchenwaldungen geliefert; für die übrigen Holzarten scheinen mehr Schätzungen zugrunde zu liegen. Die dichtere Bestockung gegenüber unserer heutigen geht aber doch aus diesen Angaben hervor.

6. Wie sich diese Zahl der Stämme auf die einzelnen Stärkestufen verteilt, ist von wesentlicher Bedeutung. Der Nachweis dieser Zahlen erfordert einen sehr großen Raum, weshalb sie bis jetzt in den Publikationen der Versuchsanstalten meistens unterblieb. Nur Kunze hat in verschiedenen Bänden des Tharandter Jahrbuchs für Sachsen von allen Flächen, Flury hat für die Schweiz von 150 Flächen die entsprechenden Zahlen mitgeteilt [1]).

Im allgemeinen läßt sich aus der Verteilung der Stämme auf die Stärkestufen ersehen, daß in jüngeren Jahren die Zahl der Stämme mit schwächerem Durchmesser bedeutend überwiegt. Im 30 jährigen Fichtenbestande sind 700 Stämme mit den Durchmessern von 5, 6, 7 cm und nur 20 mit den Durchmessern von 18—23 cm, im 90. Jahre dagegen sind je 20 Stämme von 20—40 cm Stärke vorhanden.

Die Verminderung der Stammzahl geht in der Weise vor sich, daß je die Stämme mit schwächerem Durchmesser und geringerer Höhe aus dem Bestande in großer Zahl ausscheiden, während die stärkeren Stämme nur unbedeutend in der Zahl sinken.

Dieses Ausscheiden steht im Zusammenhang mit der Stellung der einzelnen Bäume im Bestande bezw. ihrer Zugehörigkeit zur Klasse der herrschenden, mitherrschenden, beherrschten etc. Stämme.

7. Der Einfluß der Bonität tritt in den Stammzahlen sehr deutlich hervor. Je geringer die Bonität, um so größer die Stammzahl. Man sollte freilich umgekehrt vermuten, daß der geringere Boden weniger Stämme ernähren könnte, als der gute Boden. Die größere Stammzahl auf geringeren Bonitäten hängt aber damit zusammen, daß die Höhenunterschiede auf geringerem Boden kleiner sind, als auf besserem und daß auf geringerem Boden ein weniger entschiedenes Vorauswachsen einzelner herrschender Stämme stattfindet. Gruppiert man die Bestände nach der Höhe, so ergibt sich, daß bei gleicher Höhe meistens die Stammzahl der I. Bonität höher oder gleich hoch ist, wie die der übrigen Bonitäten.[2])

In höheren Lagen ist das Wachstum langsamer, als in der Tieflage; deshalb steigt die Stammzahl mit der Meereshöhe.

Flury hat für die Fichte im Hügelland und im Gebirge der Schweiz je besondere Ertragstafeln aufgestellt. Auf allen 5 Bonitäten ist die Stammzahl der Gebirgsfichte höher, als diejenige der Hügellandsfichte. Im 20.—60. Jahr zählt man im Gebirge bis 2000, im 90. Jahr 600—700, im 100. Jahr 400 Stämme mehr, als im Hügellande. „Die in hohen Lagen

[1]) Schweiz. Mitt. 9. Bd., Anhang S. 1—55; vergl. auch Schweiz. Mitt. 3. Bd. Durchforstungsversuche, S. 46—91 und insbesondere die Kurven im Anhang.

[2]) Flury, 9, 222. 233.

sich zeigende langsamere Bestandes- resp. Höhenentwickelung bedingt naturgemäß eine entsprechend höhere Stammzahl“ [1]).

Das Verhältnis der Stammzahl verschiedener Bonitäten innerhalb desselben Landes ist in der folgenden Übersicht dargestellt. Die Stammzahl der I. Bonität ist je = 100 gesetzt. Die größere Stammzahl ist durchweg auf den geringeren Bonitäten vorhanden. Im höheren Alter ist der Abstand der Bonitäten aber fast durchweg — eine Ausnahme macht die Fichte und Buche in Preußen. und die Buche im Sihlwald (1883) — bedeutend kleiner als in jüngerem Alter. Es findet also eine Ausgleichung der Unterschiede der Bonitäten statt.

Tabelle 97.

Stammzahl auf verschiedenen Bonitäten.

Relativzahlen.

	Bonität	Alter, Jahre 40	80	120
Fichte, Braunschweig . . .	I	100	100	100
	II	134	128	126
	III	193	164	164
	IV	—	220	212
	V	—	333	312
Tanne, Baden	I	100	100	100
	II	141	131	124
	III	219	180	161
	IV	375	248	212
	V	844	388	309
Föhre, Hessen, Buntsandsteingebiet	I	100	100	100
	II	126	116	109
	III	146	121	—
	IV	159	—	—
Buche, Schweiz.	I	100	100	100
	II	130	125	118
	III	173	154	145
	IV	229	189	173
	V	300	227	214
Eiche, Preußen	I	100	100	100
	II	178	146	141
	III	301	214	198

8. Sehr große Unterschiede in der Stammzahl treten bei den einzelnen Holzarten hervor. Hohe Stammzahlen herrschen in allen

[1]) A. a. O. 9, 233. Zu demselben Resultate bezüglich der Buche kam Schuberg. Aus deutschen Forsten, II. 115 (1894).

Altersstufen bei Fichte, Tanne, Buche; sehr geringe bei Eiche, Birke, Erle. Die Föhre nimmt eine mittlere Stellung ein.

Im 80. Jahre beträgt die Stammzahl auf I. Bonität:

Eiche, Preußen	338	Fichte, Schweiz	700
Birke, Preußen	230	Fichte, Preußen	598
Erle, Preußen	405	Tanne, Baden	645
		Buche, Preußen	672
Föhre, Norddeutschland	578	Buche, Schweiz	560

9. Für mancherlei praktische Fragen[1]) ist die Stammzahl von fundamentaler Bedeutung. Bei welcher Stammzahl ist der höchste Ertrag des Haupt- und des Nebenbestandes zu erwarten? Wie sind Durchforstungen in verschiedenen Altersstadien auszuführen? In welchem Alter sollen die ersten Durchforstungen eingelegt werden? Sollen bei künstlichen Bestandsbegründungen dieselben Pflanzweiten gewählt werden für Fichte und Föhre etc.?

Soll bei Anlage und Behandlung von gemischten Beständen die Stammzahl jeder Holzart besonders berücksichtigt werden? Ist die Saat, natürliche Verjüngung, die Pflanzung von Einfluß auf die Stammzahl auch der späteren Altersperioden? Soll die natürliche Verminderung der Stammzahl beschleunigt oder gehemmt werden?

Für die Durchforstung läßt sich ein Hauptgrundsatz aus den Stammzahlen ableiten. Vom 60. Jahr an findet, wie wir sahen, nur noch eine unbedeutende Abnahme der Stammzahl statt. Von den im 60. Jahr vorhandenen Stämmen bleibt etwa die Hälfte noch bis zum Abtrieb des Bestandes. Die vom 60. Jahr ab folgenden 4—6 Durchforstungen entfernen auf 1 ha je nur 100 Stämme aus dem Bestande. Die Einwirkung auf die Qualität des Bestandes (Gabelbildung Astigkeit, krumme Stämme) ist in diesem Alter nur noch gering, d. h. so wie der geschlossene Bestand im 60. Jahr hinsichtlich der Qualität beschaffen ist, bleibt er in der Hauptsache bis zu seinem Abtriebe, wenn er geschlossen erhalten werden soll. Die wichtigste Zeitperiode für den Eingriff in den Bestand ist die Zeit vor dem 60. Jahre.

§ 146. Die Baumklassen im geschlossenen Bestande.

1. Die Unterschiede der einen Bestand zusammensetzenden Bäume sind so in die Augen springend, daß schon seit langer Zeit die einzelnen Bäume in herrschende, beherrschte und zurückbleibende geschieden wurden. Schon die Forstordnungen des 16. und 17. Jahrh. sprechen von unterdrückten, absterbenden und dürren Stämmen eines Bestandes. 1795 und 1796 kommt bei Laurop und im Nassauischen der Ausdruck „beherrschte", in Dänemark 1780 der Ausdruck „herrschende" Stämme

[1]) Vergl. Haug, Die Stammzahlfrage und ihre Bedeutung für die Bestandespflege. Bericht über die 15. Vers. d. württ. Forstvereins. 1898, S. 34.

vor. Die Schriftsteller des 18. Jahrhunderts kennen also bereits herrschende oder prädominierende, beherrschte, unterdrückte, absterbende und dürre Stämme[1]); sie erwähnen sie bei Besprechung der Durchforstungen. Die ganze Klasseneinteilung ist überhaupt mit Rücksicht auf die Durchforstung gemacht worden. Es kommen aber, wie sich unten ergeben wird, noch andere Gesichtspunkte hinzu.

2. Burckhardt hat zuerst eine genauere Klassifikation der Bäume eines Bestandes vorgenommen, wie aus dem Manuskript seiner Schüler (aus der Zeit vor 1847 und 1848) hervorgeht[2]). Er gründet seine Einteilung auf die Höhe und Kronenausbildung der Stämme, bespricht auch schon die Stärke der Stämme und den Anteil der Klassen an der gesamten Stammzahl. Er bildet 6 Klassen:

			nach der Einteilung unten in Ziffer 6
1. Klasse	vorherrschend	Hauptbestand	I Klasse
2. „	mitherrschend		
3. „	mäßig herrschend		II. Klasse
4. „	gering herrschend		III. Klasse
5. „	übergipfelt	Nebenbestand	IV. Klasse
6. „	unterdrückt		V. Klasse

3. In der bayerischen Anleitung zu Durchforstungsversuchen vom 30. März 1870, die von Gayer verfaßt ist, werden dominierende, beherrschte, übergipfelte und unterdrückte Stämme unterschieden.

4. 1873 gab der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten eine Anleitung für Durchforstungsversuche heraus. Gayer war mit deren Abfassung betraut, aber verhindert, die Anleitung zu entwerfen. Nun wurde Baur der Entwurf derselben übertragen, dem die bayerische Klassenbildung bekannt war. Die definitive Anleitung der Versuchsanstalten unterschied: dominierende mit voll entwickelter Krone, zurückbleibende, aber an der Bildung des Schlusses noch teilnehmende, unterdrückte (unterständige, übergipfelte, ganz unter der Krone der dominierenden stehende), absterbende oder abgestorbene Stämme.

5. Im Jahre 1884 stellte Kraft eine neue Klassifikation auf, die an die Burckhardtsche in den oberen Klassen erinnert, die unteren dagegen schärfer auseinanderhält. Der österreichische Arbeitsplan für Durchforstungsversuche hat sie unverändert angenommen.

Kraft[3]) unterscheidet:

„1. Vorherrschende Stämme mit ausnahmsweise kräftig entwickelten Kronen.

[1]) Vgl. die Zusammenstellung der betr. Stellen bei Laschke, Geschichtl. Entwickelung des Durchforstungsbetriebes. 1902. S. 64 ff. und Schüpfer, Die Entwickelung des Durchforstungsbetriebes. 1903, S. 8 ff.

[2]) Barkhausen, Forstl. Verh. v. Lüneburg. 1888, S. 51. Wörtlich, auch mit der näheren Charakteristik der Klassen, Laschke, a. a. O., S. 110. Forstw. Centralbl. 1888, 481. Schüpfer a. a. O., S. 30.

[3]) Beiträge zur Lehre von den Durchf. 1884, S. 22.

2. Herrschende, in der Regel den Hauptbestand bildende Stämme mit verhältnismäßig gut entwickelten Kronen.

3. Gering mitherrschende Stämme; Kronen zwar noch ziemlich normal geformt und in dieser Beziehung denen der 2. Stammklasse ähnelnd, aber verhältnismäßig schwach entwickelt und eingeengt, oft schon mit beginnender Degeneration. — Die 3. Klasse bildet die untere Grenzstufe des herrschenden Bestandes.

4. Beherrschte Stämme; Kronen mehr oder weniger verkümmert, entweder von allen Seiten oder nur von 2 Seiten zusammengedrückt oder einseitig (fahnenförmig) entwickelt:

a) zwischenständige, im wesentlichen schirmfreie, meist eingeklemmte Kronen;

b) teilweise unterständige Kronen, der obere Teil der Krone frei, der untere überschirmt oder infolge von Überschirmung abgestorben.

5. Ganz unterständige Stämme:

a) mit lebensfähigen Kronen (nur bei Schattholzarten);

b) mit absterbenden oder abgestorbenen Kronen".

Kraft bildet eigentlich 7 Klassen, die nur nach der Kronenausbildung geschieden werden. Tatsächlich kommt die Höhe doch auch zur Geltung, denn die beherrschten und unterdrückten Stämme sind tatsächlich kürzer, als die herrschenden.

Von der Klasse 1 und 2 bemerkt Kraft selbst (S. 37), daß ihre Unterscheidung ,,keine große Bedeutung" habe. Von der Kreisfläche fallen in Krafts Zahlenangaben nur 1—5 % auf Klasse 1, dagegen 40 und mehr Prozent auf Klasse 2. Er faßt vielfach 1 und 2 zusammen, so daß nur eine Klasse (1) bleibt, welche die vorherrschenden und die herrschenden umfaßt. Auf die Klassen 4 b und 5 entfallen 6 und 3 % der Kreisfläche; der Anteil dieser Klassen am Bestande ist also ebenfalls gering. Der Hauptanteil fällt auf die Klassen 2 und 3, also die herrschenden und mitherrschenden Stämme. Die Angabe der ,,Frequenzverhältnisse" der einzelnen Klassen durch Kraft ist als ein bedeutender Fortschritt in unserer Erkenntnis der Zusammensetzung der Bestände zu bezeichnen.

6. Für die Durchforstungsversuche der Schweizerischen Versuchsanstalt[1]) wurden 1888 5 Klassen ausgeschieden, die sich in allen regelmäßigen Beständen finden:

1. Klasse: herrschende Stämme,
2. Klasse: mitherrschende Stämme,
3. Klasse: beherrschte Stämme,
4. Klasse: unterdrückte Stämme,
5. Klasse: dürre bezw. absterbende Stämme.

---

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 3, 8 und 7, 4 (Flury).

Die dürren und absterbenden Stämme (Klasse 5) gehören fast ausschließlich den schwächeren und niedrigen Baumklassen des Bestandes an. Ausnahmsweise kommt es vor, daß auch beherrschte und sogar herrschende Stämme dürr werden.

Umgebogene und niedergebogene Stämme, die sich fast nur in Buchenbeständen finden, werden in diese Klasse einbezogen.

Hauptmerkmal der unterdrückten Stämme (Klasse 4) ist, daß ihr Gipfel nicht mehr frei, sondern von einem oder mehreren Ästen der Nachbarstämme überwachsen und dadurch im Höhenwuchs beeinträchtigt ist.

Man kann 2 Gruppen von unterdrückten Stämmen unterscheiden.

Ist der Stamm schon längere Zeit unterdrückt und im Höhenwachstum gehemmt, so liegt seine Krone und der Gipfel derselben unter den Kronen der herrschenden, mitherrschenden und beherrschten Stämme; der Stamm ist unterständig.

Dauert der Unterdrückungsprozeß erst kurze Zeit, so wird der Gipfel zunächst von einem oder mehreren Ästen der Nachbarstämme überwachsen, der Stamm wird übergipfelt. Der Gipfel und der oberste Teil der Krone reichen jedoch noch in die Krone des Hauptbestandes hinein.

Es mag noch besonders betont werden, daß ein Baum als unterdrückt betrachtet wird, auch wenn sein Gipfel nur von einem einzigen Ast des Nachbarbaumes — sei es dem ganzen Aste oder auch nur der Astspitze — überwachsen ist. Er wird nicht erst dann als unterdrückt bezeichnet, wenn die Äste von zwei Nachbarbäumen über seinem Gipfel zusammengewachsen, also in Schluß getreten sind.

Die Form und Ausdehnung der Krone kommt bei den unterdrückten Stämmen nicht weiter in Betracht.

Der Gipfel der beherrschten Stämme (Klasse 3) ist frei. Da dieselben kürzer sind, als die herrschenden Stämme, so kann der Gipfel von den Nachbarstämmen beschattet, also des vollen Lichtgenusses beraubt sein, allein er ist nicht von den Seitenästen der Nachbarbäume überwachsen. Dies würde vielmehr erst in einigen Jahren der Fall sein.

Die Krone der beherrschten Stämme ist durch die Kronen der herrschenden und mitherrschenden Stämme beengt, in der Ausbreitung mehr oder weniger gehemmt, daher vielfach einseitig und unregelmäßig geformt. Infolge der Beschattung werden die Blätter dünner und spärlicher, die Nadeln dunkler gefärbt. Die Krone nimmt ein kümmerndes Aussehen an und unterscheidet sich dadurch sehr deutlich von den Kronen der herrschenden und mitherrschenden Stämme.

Die mitherrschenden Stämme (Klasse 2) sind etwas niedriger als die herrschenden. Ihre Kronen sind weniger lang und breit entwickelt, weniger vollkommen und gleichmäßig ausgebreitet.

Herrschende Stämme sind die höchsten und im allgemeinen auch die stärksten Stämme. Sie haben die am besten entwickelten und meistens regelmäßig geformten Kronen.

Bei dieser Klassenbildung sind die Kronenentwickelung, das Höhen- und Stärkewachstum, sowie die Stellung des einzelnen Baumes im Bestande berücksichtigt.

Diese Einteilung hat Engler 1903 im wesentlichen beibehalten[1]).

7. Der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten nahm 1902 eine neue Einteilung der Baumklassen vor und unterschied[2]):

I. Herrschende Stämme. Diese umfassen alle Stämme, welche an dem oberen Kronenschirme teilnehmen, und zwar:

1. Stämme mit normaler Kronenentwickelung und guter Stammform.
2. Stämme mit abnormer Kronenentwickelung oder schlechter Stammform.

Hierher gehören:

a) eingeklemmte Stämme (kl),
b) schlechtgeformte Vorwüchse (vo),
c) sonstige Stämme mit fehlerhafter Stammausformung, insbesondere Zwiesel (zw),
d) sogenannte Peitscher (pt) und
e) kranke Stämme aller Art (kr.)

II. Beherrschte Stämme. Diese umfassen alle Stämme, welche an dem oberen Kronenschirme nicht teilnehmen.

In diese Gruppe sind zu rechnen:

3. Zurückbleibende, aber noch schirmfreie Stämme.
4. Unterdrückte (unterständige, übergipfelte), aber noch lebensfähige Stämme.

} für Boden- und Bestandspflege in Betracht kommend.

5. Absterbende und abgestorbene Stämme, für Boden- und Bestandspflege nicht mehr in Betracht kommend.

Auch niedergebogene Stangen gehören hierher.

Es sind also 5 Klassen ausgeschieden. Die Klassen 3—5 fallen mit den bisherigen Klassen ganz zusammen. Im allgemeinen tritt in dieser Klassifikation der Gesichtspunkt der Höhe etwas zurück, die Kronenentwickelung in den Vordergrund, außerdem kommt die Stammform als neuer Einteilungsgrund bei Klasse 1 und 2 hinzu.

8. Die Schaftform bildet bei Heck[3]) den ausschließlichen Einteilungsgrund, allerdings „in Ergänzung der Kraftschen Stammklassen, sowie aller anderen Kronenklassen". Heck bildet 7 Schaftformklassen. Fast jede dieser Schaftformklassen kann in jeder Kronenklasse vorkommen, so daß äußersten Falls 49 Klassen in einem Bestande unterschieden werden müssen.

---

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 8, XVI.

[2]) Zeitschr. für Forst- und Jw. 1902, Heft 11.

[3]) Freie Durchforstung. 1904, S. 95.

Hecksche Schaftformklassen von 1897. Stammkronenklassen.

a) Gerader, schöner, langschäftiger Nutzstamm,

b) mittelmäßiger oder kurzschäftiger Nutzstamm,

c) krumm, rauh, astig,

d) Zwiesel,

e) sehr stark vergabelt (soweit in Klasse I und II: „Protzen“),

f) Stockausschlag,

g) krank,

Diese Klassen sind in Buchenbeständen hervorgetreten, welche bis ins mittlere Alter schwach durchforstet worden waren.

9. Bei Beurteilung der verschiedenen Klassifikationen kommt vor allem der Zweck in Betracht, den man mit der Klassenbildung erreichen will. Diese hat von dem Bedürfnis für Durchforstungen, insbesondere für die verschiedenen Durchforstungsgrade genauere Vorschriften geben zu können, ihren Ausgang genommen.

Für diesen rein praktischen Zweck kommt es vor allem darauf an, daß die Klassen im Walde leicht und sicher zu erkennen sind. Daß nun jeder Zweifel über die Einreihung in die Klassen im einzelnen Falle ausgeschlossen sein werde, ist von vorneherein nicht zu erwarten. Je weniger Klassen gebildet sind, um so leichter wird die Einreihung sein. Dieser Gesichtspunkt ist namentlich für die Praxis von Wichtigkeit; auch das Hilfspersonal und der nicht technisch gebildete Waldbesitzer muß die Unterscheidung leicht sich aneignen können. Werden die Durchforstungsgrade auf die Klasseneinteilung gegründet, so müssen die verschieden durchforsteten Bestände sich deutlich von einander abheben. Daß dies der Fall ist, zeigen die Versuchsflächen, die neben einander liegen und in verschiedenen Graden durchforstet sind. Im großen praktischen Betriebe werden die Bestände ja selten ganz genau nach Klassen durchforstet; es kommt in der Praxis also auf die unsichere Stellung des einen oder anderen Stammes gar nicht an. Selbst bei Auszeichnung von Versuchsflächen sind übrigens die zweifelhaften Fälle verschwindend klein[1]). Gerade für Versuche ist die Ausscheidung der leicht und sicher zu erkennenden Baumklassen von großer Bedeutung. Je mehr Klassen gebildet werden, um so unsicherer und schwieriger wird ihre Abgrenzung[2]). Dadurch wird aber die Vergleichbarkeit verschiedener Versuche sehr beeinträchtigt.

Endlich kommt es auch auf die Zahl an, in der die einzelnen Baumklassen im Bestande vertreten sind. Die Kraftsche Klasse 1 wird immer nur in wenigen Exemplaren vorhanden sein; es empfiehlt sich daher,

[1]) Vergl. Flury a. a. O. 7, 5.

[2]) Kraft a. a. O., S. 22, weist ebenfalls hierauf hin; es könne sich nur um „Näherungswerte“ handeln.

die Stämme mit „gut entwickelten" und diejenigen mit „ausnahmsweise kräftig entwickelten" Kronen, also die vorherrschenden und herrschenden, die ohnehin schwer zu scheiden sind, in eine Klasse, die der „herrschenden" zusammenzufassen. Ebenso ist die Grenzlinie zwischen teilweise unterständigen und ganz unterständigen, sowie zwischenständigen Stämmen der Kraftschen Klassen 4 a, 4 b, 5 a schwer zu ziehen. Bei zwischenständigen soll die Krone „im wesentlichen schirmfrei", bei teilweise unterständigen der obere Teil der Krone „frei" sein usw. Wer will Zeit und Kraft — ein ganz wichtiger Faktor beim Auszeichnen von Durchforstungen — zu so subtilen Unterscheidungen, zumal im praktischen Betriebe aufwenden?

In der neueren Einteilung der Versuchsanstalten sind zwei Gesichtspunkte vermengt: Kronenbildung und Stammform. Ein Stamm mit „normaler Kronenentwickelung" gehört in die 1. Klasse, wenn er eine gute, dagegen in die zweite, wenn er eine schlechte Stammform hat. In Klasse 2 werden „kranke Stämme aller Art" eingereiht, die also auch Klasse 1 oder sogar allen 5 Klassen angehören können. Daneben werden absterbende in Klasse 5 besonders wieder aufgeführt. Was ist nun für ein Unterschied zwischen kranken und absterbenden Stämmen? Man wird alle diese verschiedenen Stämme im Bestande vorfinden und in vielen Fällen auch sicher von einander unterscheiden und bei der Durchforstung aussondern können. Je weiter man sich aber in die Einzelheiten einläßt und je mehr Gesichtspunkte für die Klassenbildung entscheidend sind, um so schwieriger wird die Einreihung in die einzelnen Klassen werden.

10. Die Stellung eines Stammes im Bestande, seine Höhen- und Kronenentwickelung sowohl an sich, als im Vergleich zu den Nachbarstämmen, seine Beteiligung an der Herstellung des Kronenschlusses sind für sein Verbleiben im Bestande, sowohl für die nächste Zeit, als für die ganze Dauer des betreffenden Bestandes entscheidend. Die Bedeutung einer Baumklasse hängt ferner auch von ihrer Zahl ab, in der sie im Bestande vertreten ist. Der Anteil an der Holzmasse und dem Zuwachs des Bestandes endlich ist in geringerem Grade von der Zahl, als vielmehr von der Höhen- und Kronenentwickelung abhängig, wie nun gezeigt werden soll.

Die 5 Klassen, wie sie in Ziffer 6 beschrieben sind, werden allen folgenden Ausführungen zugrunde gelegt werden. Von dieser Einteilung abzugehen, liegt kein Grund solange vor, bis etwas besseres an ihre Stelle gesetzt werden kann[1]).

Bei der Aufnahme von Versuchsflächen wird von der Württembergischen und schon lange von der Schweizerischen Versuchsanstalt jeder Stamm in eine der 5 Klassen eingereiht und im Aufnahmeformular

[1]) Vgl. hiezu unten den Abschnitt über Durchforstungen.

verzeichnet. Außerdem wird jede Besonderheit und namentlich jede Unregelmäßigkeit am Stamme oder an der Krone vermerkt. In einem weiteren Formular werden die Baumklassen zusammengestellt und mit besonderen Farben eingetragen. Mit einem Blick läßt sich dann die Zusammensetzung eines Bestandes nach Stärkeklassen und Baumklassen und (da die Höhe in der Regel mit dem Durchmesser steigt) auch der Höhenklassen ersehen.

11. Ist der mittlere Durchmesser des Bestandes berechnet, so zeigt sich in den weitaus meisten Fällen, daß die herrschenden fast durchweg über dem mittleren Durchmesser liegen, ferner daß die mitherrschenden und die unteren Stärken der herrschenden sich um den mittleren Durchmesser gruppieren.

In ziemlich regelmäßig abgegrenzten Schichten lagern sich die 5 Klassen unter einander. In normalen Beständen stufen sich die Baumklassen ziemlich genau nach Durchmesserklassen ab. Es fällt durch die Farben der Klassen sofort auf, wenn ein mitherrschender oder beherrschter Stamm in den Durchmesserklassen der herrschenden sich befindet und umgekehrt, wenn etwa ein herrschender einen Durchmesser hat, wie er sonst nur bei mitherrschenden oder gar beherrschten vorkommt.

12. Einige Belege, wie die verschiedenen Klassen in der gesamten Stammzahl vertreten sind, liefern die Aufnahmen von Versuchsflächen. Zu vorliegendem Zwecke ist eine Auswahl nach Holzarten, Altern und Durchforstungsgraden getroffen.

Forstbezirk Geislingen. 85jährige Buchen, II. Bonität.
Stammzahl pro 1,0 ha.

	im ganzen	Davon sind: herrschend	%	mitherrschend	%	beherrscht	%	unterdrückt	%
B-Grad	716	336	(47)	320	(45)	60	(8)	—	
C- „	628	408	(65)	204	(32)	16	(3)	—	
D- „	440	320	(73)	112	(25)	8	(2)	—	
E- „	1012	320	(31)	88	(9)	68	(7)	536	(53)
L- „	323	202	(63)	115	(35)	6	(2)	—	

Die Stammzahl nimmt mit der stärkeren Durchforstung ab. Die Zahl der herrschenden ist bei den Graden B—E ziemlich gleich, dagegen nehmen die mitherrschenden und beherrschten mit dem stärkeren Durchforstungsgrade ab.

Die herrschenden mit 50—70 % der gesamten Stammzahl übertreffen alle anderen Klassen erheblich; die mitherrschenden erreichen 25—45 %, die beherrschten sind nur schwach mit 2—8 % vertreten. Im E-Grad wiegt die Zahl der als Unterstand belassenen unterdrückten Stämme vor, während die Zahl der mitherrschenden sehr verringert ist.

Flury[1]) teilt die Verhältnisse sowohl vor, als nach der Durchforstung aus mehreren Buchen- und Fichtenflächen mit; ich führe einige davon nach Prozentzahlen an.

Buche.

	herrschend	mitherrschend	beherrscht	unterdrückt
	Schloßbann. 26 Jahre alt.			
B-Grad	45	23	32	—
C- „	54	43	—	3
D- „	67	32	—	1
	Brüschholz. 42 Jahre alt. Pflanzung.			
B- „	47	33	20	—
C- „	63	37	—	—

Fichte.

	herrschend	mitherrschend	beherrscht	unterdrückt
	Stadtwald Sihlwald. 33 Jahre alt.			
A-Grad	51	17	27	5
B- „	68	20	9	3
C- „	80	19	—	1
D- „	95	3	—	2
	Nach einer weiteren Durchforstung. 38 Jahre alt.			
A- „	29	24	20	27
B- „	32	35	31	2
C- „	43	53	—	4
D- „	93	—	—	7

13. Die Veränderung der Baumklassen innerhalb desselben Bestandes mit dem vorschreitenden Alter hat Flury[2]) genauer verfolgt. Indem ich auf die Tabelle verweise, führe ich sein Schlußresultat an: „Man ersieht aus vorstehender Übersicht, daß die Zahl der dominierenden Stämme (im 40. Jahre) schon nach 5 Jahren bei Grad A, B, C ungefähr auf die Hälfte herabgesunken ist. Von den jetzt beherrschten und unterdrückten Stämmen waren vor 5 Jahren noch eine namhafte Anzahl dominierend".

Von einer bei der Anlage 40 Jahre alten Fichtenfläche teilt Flury die Verschiebung unter den Baumklassen mit[3]). „Die Anzahl der dominierenden Stämme betrug 1893 (im 40. Jahr) 1652 Stück. Hievon waren nach 4 Jahren nur noch 74 % und nach 8 Jahren nur noch 37 % dominierend; alle übrigen (¼ bezw. ⅔) waren in die Klasse der mitherrschenden, beherrschten und unterdrückten Stämme verdrängt worden. Die mitherrschenden Stämme von 1893 waren nach 8 Jahren zu 99 % beherrscht und unterdrückt".

„Die 1901 beherrschten Stämme waren vor 4 Jahren zu 32 % dominierend und zu 54 % mitherrschend, vor 8 Jahren zu 77 % dominierend

[1]) A. a. O. 7, 47.
[2]) A. a. O. 7, 52.
[3]) Das. S. 55.

und zu 19 % mitherrschend, d. h. vor 8 Jahren gehörten von den jetzt 560 beherrschten Stämmen deren 96 % zu den dominierenden und mitherrschenden. Von den 1901 vorhandenen 336 unterdrückten Stämmen waren vor 8 Jahren noch 41 % dominierend und 45 % mitherrschend.

„Man sieht auch hier deutlich, wie einschneidend die Entwickelungsvorgänge eines Bestandes auf die Verminderung seiner Stammzahl einwirken und zwar innerhalb einer relativ sehr kurzen Zeitperiode."

Zu ganz ähnlichen Ergebnissen führen die Untersuchungen in Württemberg. Trägt man die Stammzahl der einzelnen Baumklassen graphisch auf, so tritt die starke Abnahme der herrschenden Stämme deutlich hervor. Die Zahl der mitherrschenden und beherrschten Stämme hat im allgemeinen ebenfalls die Tendenz zum Sinken, aber die Abnahme ist gering und vom 50. Jahre an bleibt ihre Zahl fast gleich hoch. Die Veränderungen im Bestande werden zum größten Teile von den herrschenden Stämmen verursacht, die mitherrschenden und beherrschten treten in ihrer Bedeutung hinter die herrschenden zurück. Die praktischen Schlußfolgerungen aus diesen Tatsachen werden im Abschnitt über die Durchforstungen gezogen werden.

14. Die Verschiebungen innerhalb der Baumklassen lassen sich aus einer anderen Versuchsreihe ersehen. In einer Anzahl von Württembergischen Versuchsflächen waren vor 20 Jahren diejenigen Stämme, die den künftigen Hauptbestand bilden sollten („Zukunftsstämme"), besonders bezeichnet worden. In mehreren Flächen ließ sich nun beobachten, daß die früher dominierenden Stämme im Wachstum zurückblieben und in die 2. Klasse sanken, sowie daß andere, ursprünglich zurückgebliebene Stämme plötzlich stärkeres Wachstum zeigten und in die Reihe der dominierenden einrückten.

Die Auswahl künftiger Haubarkeitsstämme ist nicht einmal in 50—60 jährigen Beständen im einzelnen sicher zu treffen. Im großen ganzen ist allerdings die Zahl der herrschenden Stämme vom 60.—100. Jahre nicht sehr verschieden.

15. Den großen Wert der Ausscheidung von Baumklassen zeigt endlich die Verteilung des Zuwachses auf diese Klassen. „Man erkennt schon auf den ersten Blick die Tatsache, sagt in dieser Beziehung Flury[1]), daß die dominierenden und mitherrschenden Stämme bei allen Durchforstungsgraden den überwiegenden Anteil am Zuwachs leisten. Die beiden genannten Baumklassen beteiligen sich sogar bei Grad A und B der Fichte mit 92 resp. 90 %, der Buche mit 63, resp. 76 % am produzierten Zuwachs (der Kreisfläche)".

16. Die Unterscheidung der Baumklassen ist in reinen Beständen am leichtesten durchzuführen. Sie ist aber auch in gemischten Beständen anwendbar.

[1]) A. a. O. 7, 124.

Nur in unregelmäßigen Beständen oder an einzelnen Stellen im regelmäßigen Bestande stößt sie auf Schwierigkeiten. Werden z. B. herrschende Stämme vom Schnee gebrochen und zur Ausfüllung der Lücke bisher beherrschte oder auch unterdrückte Stämme belassen, so ändert sich die Baumklasse. In der Lücke kann ein beherrschter Stamm zum herrschenden werden. Im geschlossenen, regelmäßigen Hochwalde sind solche Fälle als Ausnahmen zu betrachten.

Dagegen ist im Plenterwalde diese Frage von großer Bedeutung. Es ist zweifelhaft, ob für den Plenterwald diese Einteilung der Baumklassen beibehalten werden kann.

§ 147. **Der Hauptbestand und der Nebenbestand.**

1. In jedem Bestande pflegt man den Hauptbestand und den Nebenbestand zu unterscheiden. Unter letzterem versteht man den Teil der Stämme, welcher der Durchforstung anheimfällt. Im einzelnen Falle sind dies je nach dem Durchforstungsgrade bald die absterbenden, bald diese und die unterdrückten, bald die beiden genannten und die beherrschten Stämme. Beim D-Grad fallen auch mitherrschende und wenige herrschende, beim E-Grad ebenfalls herrschende in den Nebenbestand. Bei der Buchung der Durchforstungserträge werden vielfach Anfälle, die durch Eingriffe in den jeweiligen Hauptbestand entstehen, als vorweggenommene Abtriebserträge betrachtet.

Im 100 jährigen Bestande sind etwa 500—800 Stämme vorhanden. Bei Pflanzungen stehen in der Jugend 10—15 000, bei natürlichen Verjüngungen 80—100 000 Pflanzen auf 1 ha. Von diesen erreichen also 1 % oder auch nur ½ % das Alter der Haubarkeit. Von der gesamten ursprünglichen Stammzahl fallen 99 % während der ganzen Lebensdauer des Bestandes dem Nebenbestande zu.

Bei Vergleichung der Wachstumsleistung verschiedener Bestände darf nicht, wie es gewöhnlich geschieht, nur die Holzmasse des Hauptbestandes oder auch des Abtriebsbestandes, es muß vielmehr die „Gesamtleistung“ des Hauptbestandes + des Nebenbestandes zugrunde gelegt werden.

2. Das Verhältnis zwischen dem Haupt- und Nebenbestande ändert sich mit dem Alter des Bestandes.

Es entfallen von der Stammzahl auf den

	Hauptbestand	Nebenbestand
I. Fichte.		
im Alter von 20—40 Jahren	60—40	40—60
„ „ „ 41—60 „	85—60	15—40
„ „ „ 61—100 „	90—75	10—25
II. Buche.		
Im Alter von 20—40 Jahren	60—10	40—90
„ „ „ 41—60 „	80—50	20—50
„ „ „ 61—100 „	90—60	10—40

Im höheren Alter tritt der Anteil des Nebenbestandes zurück.

Es werden seit einiger Zeit Durchforstungen im Hauptbestande und Durchforstungen im Nebenbestande unterschieden. Ohne Angabe des Alters der durchforsteten Bestände sind diese Unterscheidungen sehr unbestimmt, unter Umständen können sie sogar ganz irreführend sein.

Das Stärkewachstum im normal geschlossenen Bestande.

§ 148. Allgemeines.

1. Die Stärke eines stehenden Baumes wird durch den Durchmesser in 1,3 m Höhe über dem Boden (Brusthöhe) ausgedrückt, wobei die Rinde stets inbegriffen ist. Für praktische Zwecke (Sortierung, Verkauf) wird dagegen der Durchmesser fast immer am liegenden Stamme ermittelt. Meist geschieht es in halber Stamm- oder Schaftlänge, oder an der oberen Grenze des in gewisser Höhe durchgeschnittenen Stammes (Oberstärke, Stärke am dünnen Ende).

Für ganze Bestände wird aus den Durchmessern aller Stämme die Stammgrundfläche oder Kreisfläche (für 1,3 m) berechnet und in qm pro 1 ha ausgedrückt.

Aus dem Verhältnis Stammgrundfläche: Stammzahl $\left(\frac{G}{N}\right)$ ergibt sich die durchschnittliche Kreisfläche eines Stammes oder die Kreisfläche des mittleren Stammes (g), aus welcher der Durchmesser oder die Stärke des mittleren Stammes (d) berechnet wird.

Die Angaben über die Stärke beziehen sich auf den nach Ausführung der Durchforstung bleibenden Bestand oder den Hauptbestand. Dieselbe Rechnung kann auch für den ausscheidenden Bestand, den Nebenbestand durchgeführt werden [1]).

2. Das Stärkewachstum der Bestände ist von großer Bedeutung und spielt in vielen praktischen Fragen eine entscheidende Rolle (Durchforstungen, Lichtungen, Mischungen, Abtriebsalter einzelner Bäume und ganzer Bestände).

Besondere Bedeutung gewinnen die Stärkeverhältnisse, wenn bei der Aufstellung und Kontrolle der Nutzungspläne nicht nur der Gesamtvorrat an Holz, sondern der Vorrat an einzelnen Stärkeklassen nachgewiesen wird. Nach Flury [2]) ist dies am ausgeprägtesten der Fall bei Biolleys „methode du contrôle". Aber auch andere Forstverwaltungen der Schweiz (Chur und allgemein in Graubünden, Winterthur) haben die Kontrolle der Nutzungen nach Stärkeklassen eingeführt.

Für genauere Zuwachsuntersuchungen z. B. über den Einfluß verschiedener Durchforstungsgrade, die Verteilung des gesamten Zuwachses

---

[1]) Am ausführlichsten sind diese Berechnungen angestellt in den Ertragstafeln von Flury für Fichte und Buche in der Schweiz.

[2]) Schweiz. Zeitschr., 1913, 196.

eines Bestandes auf die einzelnen Bäume oder Baumklassen, den Lichtungszuwachs ist die Einteilung der Bäume nach Stärkestufen unerläßlich.

3. Die Stärke der Stämme ist entscheidend für den Gebrauchswert, die Sortierung und den Preis des Holzes.

Die Sortimente von Brennholz werden nach der Stärke am schwachen Ende ausgeschieden:

Scheitholz über	14	cm	am	dünnen	Ende
Prügelholz „	7	„	„	„	„
Reisholz unter	7	„	„	„	„

Die Sortierung von Bauholz und Sägholz ist verschieden [1]).

In Norddeutschland geschieht sie vielfach nach dem Festgehalt der Stämme (0,5 Fm 0,5—1,0; 1,0—1,5; 1,5—2,0 über 2,0 Fm).

In Süddeutschland ist die Sortierung komplizierter. Bei Bauholz von Nadelholz werden unterschieden:

Klasse	Minimal-Länge	Minimal-Durchmesser am oberen Ende
I	18 m	30 cm
II	18 „	22 „
III	16 „	17 „
IV	14 „	14 „

Bei Sägholz von Nadelholz

Klasse	Länge	Mittlerer Durchmesser	Minimal-Durchmesser am oberen Ende
I	4,5; 9,0	40 cm und mehr	30 cm
II	4,5; 9,0	unter 40 cm	30 „

Laubholz wird nach dem mittleren Durchmesser von 10 zu 10 cm abgestuft: (z. B. 60 und mehr cm; 50—59; 40—49; 30—39; 20—29; unter 20 cm.)

4. Die stärkeren Sortimente haben in der Regel höhere Preise.

Manche Nutzholzarten (Erlen, Eschen, Ahorn, Birken, Eichen, Linden, Hainbuchen, Buchen) sind überhaupt nur gesucht und absetzbar, wenn sie stärkere Dimensionen haben.

5. Das Stärkewachstum hängt hauptsächlich vom mehr oder weniger dichten Stand der Bäume ab. Je lichter der Stand ist, um so größer ist das Stärkewachstum.

Über den Einfluß der Waldbehandlung auf das Stärkewachstum sind Untersuchungen bereits angestellt worden.

Manche Punkte bedürfen aber noch weiterer Aufklärung.

6. Die nachfolgenden Tabellen beziehen sich auf die geschlossenen Bestände des Hochwaldes.

Von anderen Betriebsarten liegen noch sehr wenige Untersuchungen vor.

---

[1]) Die Taxklassen der Handelshölzer. Bunzlau 1904.

§ 149. Die Stammgrundfläche ganzer Bestände.

1. Tabelle 98 weist die auf 1 ha vorhandene Stammgrundfläche in 1,3 m (vielfach kurzweg Kreisfläche genannt) (G), also die Summe der Kreisflächen aller einzelnen Stämme nach.

Es ist im Auge zu behalten, daß nur der Hauptbestand berücksichtigt ist. In der Tabelle erscheint nur die Grundfläche, die nach der Durchforstung noch vorhanden ist.

Tabelle 98.

Stammgrundfläche des Hauptbestandes pro ha qm.

1. Fichte.

Bonität	20	40	60	80	100	120
			Preußen 1902. Im Alter von Jahren:			
I	19,4	33,1	41,9	46,7	48,3	47,4
II	—	28,8	38,5	42,8	43,4	42,0
III	—	24,8	34,4	38,5	38,4	36,3
IV	—	20,9	30,0	33,5	33,5	31,0
V	—	17,6	24,6	27,9	27,5	—
			Braunschweig 1912.			
	(30)					
I	32,6	38,5	48,8	52,0	52,0	52,0
			Süddeutschland 1890.			
I	25,6	45,8	56,4	62,3	67,4	69,7
			Württemberg 1899.			
I	17,4	41,5	54,6	62,5	68,0	71,9
			Schweiz 1907, a) Hügelland.			
I	28,5	53,0	61,0	63,7	64,4	—
II	24,4	47,0	55,1	57,5	57,6	—
III	20,7	41,0	49,7	51,5	51,3	—
IV	17,4	35,4	44,3	46,0	45,5	—
V	14,2	29,3	38,6	40,6	40,1	—
			Schweiz 1907, b) Gebirge.			
I	26,8	51,8	65,4	71,8	75,6	78,3
II	20,8	43,4	56,0	62,2	65,4	67,8
III	16,2	35,4	47,3	53,1	56,1	58,3
IV	11,4	27,6	38,8	44,6	47,6	49,6
	6,5	20,8	30,4	36,0	39,5	41,3

2. Tanne.

			Baden 1902.			
	(30)					
I	20,0	35,1	51,2	59,1	63,5	66,5
II	16,6	30,0	45,0	52,1	56,7	60,0
III	12,8	24,6	39,2	46,4	51,1	54,5
IV	8,5	18,0	32,9	41,0	45,9	49,2
V	4,6	11,4	25,2	33,9	40,0	43,5

Stammgrundfläche des Hauptbestandes pro ha qm.

Württemberg 1897.

Im Alter von Jahren:

Bonität	20	40	60	80	100	120
I	1,2	29,3	47,1	58,6	66,2	71,3

3. Föhre.

Norddeutsche Tiefebene 1896.

I	22,6	33,3	37,9	40,3	41,5	41,9
II	19,5	30,4	35,2	37,6	38,4	38,8
III	16,2	27,7	32,1	34,3	35,0	35,2
IV	—	25,0	28,8	30,3	30,8	30,9
V	—	22,4	24,6	25,1	25,3	—

Hessen 1886, Buntsandstein-Gebiet.

I	27,5	40,9	48,4	50,7	51,5	52,1

4. Buche.

Preußen 1911, a) Lockerer Schluß.

	(30)					
I	19,6	24,1	25,2	24,8	24,5	24,2
II	13,8	20,4	24,6	24,2	24,0	23,9
III	10,0	16,8	23,6	23,6	23,5	23,4
IV	5,8	12,5	22,7	23,2	23,1	22,9
V	2,5	6,0	21,4	22,6	22,6	22,5

Preußen 1911, b) Gewöhnlicher Schluß.

	(30)					
I	19,6	24,4	30,0	32,1	32,5	32,9
II	13,8	20,4	27,8	30,6	31,5	32,0
III	10,0	16,8	25,7	28,5	29,8	30,3
IV	5,8	12,5	23,4	26,7	27,3	27,4
V	2,5	6,0	21,4	23,8	24,3	24,6

Braunschweig 1904.

	(30)					
I	18,8	24,5	31,5	34,8	36,4	37,1

Hessen 1893, Oberhessen.

I	9,4	22,6	28,9	33,3	36,0	37,6

Baden 1894.

I	17,3	26,9	33,5	38,8	43,2	46,7
II	14,5	24,3	30,8	35,9	40,0	43,3
III	11,5	21,9	27,9	32,8	36,9	40,1
IV	7,5	19,4	25,2	29,9	33,8	37,0
V	—	16,8	22,5	27,0	30,8	34,0

Sihlwald 1903.

	(30)					
II	15,3	19,5	26,7	32,6	38,7	—

Stammgrundfläche des Hauptbestandes pro ha qm.

Schweiz 1907.

Im Alter von Jahren:

Bonität	20	40	60	80	100	120
I	12,8	25,3	32,8	36,3	38,7	40,0
II	11,1	22,2	29,1	33,2	35,7	36,9
III	9,3	19,2	25,6	30,0	32,8	33,9
IV	7,7	16,2	22,2	26,8	29,9	30,9
V	6,1	13,2	18,8	23,6	26,9	27,9

5. Eiche.

Preußen 1905.

Bonität	20	40	60	80	100	120	140
I	10,5	17,2	21,9	25,5	28,4	30,5	31,8
II	—	16,1	20,7	24,0	27,0	28,9	30,0
III	—	14,8	19,1	22,9	25,4	26,8	27,5

Hessen 1900.

Bonität	20	40	60	80	100	120	140	160
I	16,0	23,6	28,8	32,2	34,3	36,0	37,4	38,6
II	14,3	22,1	27,0	30,3	33,0	34,9	36,1	37,1
III	11,8	19,5	24,6	28,2	31,0	33,2	34,7	35,8
IV	9,0	17,0	22,0	25,7	28,4	30,9	32,7	34,0

6. Schwarzerle.

Preußen 1902.

Bonität	20	40	60	80
I	16,5	25,0	28,1	29,5
II	13,8	20,4	23,2	23,9
III	10,7	16,1	17,9	—

7. Birke.

Preußen 1903.

Bonität	(30)	40	60	80
I	11,5	16,1	18,6	18,5
II	10,0	14,5	16,3	15,7

2. Die Holzarten weichen nach der Grundfläche sehr bedeutend von einander ab. Weit über allen anderen Holzarten stehen Fichte und Tanne. Im 100. Jahre beträgt die Grundfläche auf I. Bonität 60—70, selbst 70—80 qm. Im frühen Jugendstadium stehen Föhre, Buche, Eiche teilweise über Fichte und Tanne; die beiden letzteren übertreffen die anderen Holzarten erst etwa vom 30. Jahre an. Die Buche erreicht im 100. Jahr etwa 40 qm, während Föhre und Eiche vielfach nur 30 bis 40 qm aufweisen.

3. Von großer waldbaulicher Bedeutung ist der Verlauf des Kreisflächenwachstums von der Jugend bis zum 100. Jahre. Von der frühesten Jugend bis zum 30. und 40. Jahre findet bei allen Holzarten ein rasches Ansteigen statt. Bei Fichte und Tanne steigt die Kurve

auch im späteren Alter steil an, während sie bei Buche, und namentlich bei Föhre und Eiche sehr bedeutend zurückbleibt. Einige Vergleiche sollen dies erläutern.

Die Stammgrundfläche steigt auf I. Bonität vom 40. bis zum 100. Jahre

bei der Fichte:

Preußen	um 15 qm
Schweiz, Hügelland . . .	„ 11 „
„ Gebirge . . .	„ 24 „
Württemberg	„ 26 „
Braunschweig	„ 13 „

bei der Tanne:

Baden	um 29 qm
Württemberg	„ 37 „

bei der Föhre:

Norddeutsche Tiefebene .	um 9 „
Hessen, Buntsandsteingebiet	„ 11 „
„ Rhein-Main-Ebene	„ 8 „

bei der Buche:

Schweiz	um 14 qm
Oberhessen	„ 13 „
Württemberg	„ 14 „
Preußen	„ 8 „
Braunschweig	„ 12 „

bei der Eiche:

Preußen	um 11 qm
Hessen	„ 11 „

4. Die Stammgrundfläche pro 1 ha weist aber sehr große Unterschiede bei derselben Holzart, je nach der geographischen Lage auf. Im 100. Jahr beträgt sie nämlich auf I. Bonität

bei der Fichte:

Schweiz, Gebirge . . .	76 qm (100)
Württemberg	68 „
Schweiz, Hügelland . . .	64 „
Braunschweig	52 „
Preußen	48 „ (63)

bei der Tanne:

Württemberg 1897 . . .	66 qm (100)
Baden 1902	64 „ (97)

bei der Föhre:

Hessen, Buntsandsteingebiet	52 qm (100)
„ Rhein-Main-Ebene	51 „
Norddeutsche Tiefebene 1896	42 „ (81)

bei der Buche:

Baden	43 qm (100)
Württemberg	42 „
Schweiz	39 „
Oberhessen	36 „
Braunschweig . . .	36 „
Preußen	33 „ (77)

Die hohe Kreisfläche ist aber nicht gleichbedeutend mit der mittleren Stärke des Bestandes.

Die durchschnittliche Stärke eines Bestandes hängt außer von der Grundfläche auch von der Stammzahl ab. Die durchschnittliche Stärke der Fichte ist für die beiden Schweizergebiete dieselbe (40,5 und 40,0 cm). Sie ist im Gebirge trotz der größeren Stammgrundfläche nicht höher, weil im Gebirge die Stammzahl größer ist.

5. Auffallend langsam ist das Stärkewachstum der Föhre vom 60. Jahre an. Die Grundfläche nimmt nur noch um 1—2, selten 3—4 qm bis zum 100. Jahre zu, während sie bei Fichte (mit Ausnahme

Schweiz, Hügelland) und Tanne um 10—15 qm, bei der Buche selten um 4, meist 6—8, auch 10 qm steigt.

Vom Wachstum der Grundfläche in 1,3 m kann nicht auf das Stärkewachstum des ganzen Baumes geschlossen werden. Immerhin ist es nicht ohne Interesse, den Zuwachs der Grundfläche zu verfolgen. Im 100. Jahre sind 1—10% der ursprünglichen Stammzahl noch vorhanden; gleichwohl ist die Grundfläche im 100. Jahre stets größer, als im 20. Jahre. Aber die Unterschiede sind nach Holzarten und Bonitäten sehr verschieden, was eine kleine Übersicht dartun soll.

In Tabelle 99 ist die Grundfläche im 20. (bezw. 30.) Jahre je = 100 gesetzt und das Verhältnis der Zunahme bis zum 100. Jahr berechnet.

Tabelle 99.

Zunahme der Grundfläche mit dem Alter. Grundfläche im 20. (30.) Jahr = 100.

Bonität	I	II	III	IV	V
1. Fichte.					
Preußen 1902	180	192	210	231	156
Braunschweig	160	167	146	128	113
Württemberg 1899	391	662	1098	2075	—
Schweiz, Hügelland	226	236	248	261	282
Schweiz, Gebirge	282	314	346	418	608
2. Tanne.					
Baden 1902	318	342	399	540	870
Württemberg 1897	409	1113	3854	831	—
3. Föhre.					
Norddeutsche Tiefebene 1896	184	197	216	149	145
Hessen, Buntsandsteingebiet	187	235	—	—	—
4. Buche.					
Preußen, Gewöhnl. Schluß	166	228	298	471	972
„ Lockerer Schluß	125	174	235	398	904
Braunschweig	194	202	216	170	161
Oberhessen	383	406	430	489	573
Württemberg	205	245	227	223	190
Baden	250	276	321	451	243
Schweiz	302	322	353	388	441
5. Eiche.					
Preußen	197	203	213	—	—
Hessen	214	231	263	316	—

Diese sehr bedeutenden Differenzen rühren zum Teil vom geringeren oder besseren Wachstum in der Zeit vom 1.—20. (30.) Jahre her; zum Teil sind sie aber im späteren Wachstum begründet.

Die Unterschiede sind aber in mehreren Fällen so groß, daß sie eine eingehende Untersuchung verdienen. Diese muß auf die einzelnen

Versuchsflächen gegründet werden. Hier genügt es, auf diese Wachstumsunterschiede hingewiesen zu haben. Ob die waldbauliche Behandlung von Einfluß auf diese Unterschiede ist, wird später zur Sprache kommen.

6. Das Sinken der Kreisfläche mit der Bonität ist ziemlich gleichmäßig, namentlich wenn man nur die I., II. und III. Bonität berücksichtigt. Im jüngeren Alter s[illegible]rhältnismaßig größer, als im höheren Alter. Einige Zahlen werden diese Sätze beweisen.

Tabelle 100.

Verhältnis der Bonitäten.

Bonität	Alter 40	60	80	100 Jahre
	Fichte. Preußen.			
I	100	100	100	100
II	87	92	92	90
III	75	82	82	80
IV	63	72	72	69
V	53	59	60	57
	Fichte. Württemberg.			
I	100	100	100	100
II	73	80	84	85
III	51	65	69	71
IV	35	52	59	61
V	21	39	48	51
	Fichte. Schweiz, Hügelland.			
I	100	100	100	100
II	89	90	90	89
III	77	82	81	80
IV	67	73	72	71
V	55	63	64	62
	Fichte. Schweiz, Gebirge.			
I	100	100	100	100
II	84	86	87	87
III	68	72	74	74
IV	53	59	62	63
V	40	47	50	52
	Tanne. Baden.			
I	100	100	100	100
II	86	88	88	89
III	70	77	79	81
IV	51	64	69	72
V	33	49	57	63

Föhre. Norddeutsche Tiefebene.

Bonität	Alter 40	60	80	100 Jahre
I	100	100	100	100
II	91	93	93	93
III	83	85	85	84
IV	75	76	75	74
V	67	65	62	71

Buche. Preußen. Gewöhnlicher Schluß.

I	100	100	100	100
II	84	93	95	97
III	69	86	89	92
IV	51	78	83	84
V	25	71	74	75

Buche. Baden.

I	100	100	100	100
II	90	92	93	93
III	81	83	85	85
IV	72	75	77	78
V	63	67	70	71

Buche. Schweiz.

I	100	100	100	100
II	88	89	92	92
III	76	78	83	85
IV	64	68	74	77
V	52	57	65	70

Eiche. Preußen.

Bonität	Alter 40	60	80	100	120 Jahre
I	100	100	100	100	100
II	94	95	94	95	95
III	86	87	90	89	88

Eiche. Hessen.

I	100	100	100	100	100
II	94	94	94	96	97
III	83	85	88	90	92

Das langsamere Wachstum in der Jugend auf den geringeren Bonitäten insbesondere bei Fichte in der Schweiz (Gebirge) und bei Buche in Preußen, würde noch mehr hervortreten, wenn die Untersuchungen schon für das 10.—20. Jahr durchgeführt werden könnten.

Für das Alter von 80—100 Jahren stufen sich die Kreisflächen nach den Bonitäten in runden Zahlen ab, wie 100: 90: 80: 70: 60, auch 50, d. h. auf V. Bonität erwächst ungefähr die Hälfte der Kreisfläche der I. Bonität. In einzelnen Fällen sinkt die Produktion der V. Bonität auf 40 und 30% herab. Der Zusammenhang zwischen Grundflächen- und Massenwachstum wird unten näher betrachtet werden.

§ 150. Die durchschnittliche Stammstärke.

1. Aus Tabelle 101 läßt sich entnehmen, welche durchschnittliche Stärke die einzelnen Holzarten in verschiedenen Altersstufen und auf verschiedenen Bonitäten im Hauptbestande erreichen. Da bei den Durchforstungen in der Regel die schwächeren Stärkeklassen herausgehauen werden, so berechnen sich für denselben Bestand vor und nach der Durchforstung verschiedene Stärken. Im ersten Fall erhält man die durchschnittliche Stärke des Haupt- und Nebenbestandes, im letzteren nur die des Hauptbestandes. Letztere wird immer höher sein, als die erstere, wenn bei der Durchforstung in der Hauptsache die schwächeren Stämme entnommen werden. Nur wenn auch stärkere Stämme der Durchforstung anheimfallen (D-Grad, Plenterdurchforstung etc.), wird der Durchmesser des Bestandes nach der Durchforstung auch kleiner sein können, als vor der Durchforstung. Die Zahlen der Tabelle besagen, welche Stammstärken bei mäßiger Durchforstung (B-Grad) im Durchschnitt erzogen werden können. Von dieser durchschnittlichen Stärke weichen die Stärken der einzelnen Stämme sowohl nach oben, als nach unten ab. Von den stärksten Stämmen wird die mittlere Stärke um 10, 15 auch 20 cm übertroffen. Die schwächsten Stärkestufen sind vielfach auf zufällige Wachstumshemmungen zurückzuführen.

2. Die großen Unterschiede in der Stärke finden sich sogar in Pflanzungen, obgleich Alter, Standort, Standraum und in der Regel auch Qualität der Pflänzlinge gleich sind.

Aus Flurys Angaben mögen einige Flächen ausgewählt werden.

Durchmesserstufen.

Fichte.

	Alter		Durchmesserstufen			
Sihlwald Pflanzung	28	Jahre	von 5	cm	bis 25	cm
Wiesenweid „	35	„	„ 7	„	„ 30	„
Aegerten „	38	„	„ 7	„	„ 29	„
Eichholz, nat. Verj.	64	„	„ 15	„	„ 40	„
Maienberg „ „	85	„	„ 19	„	„ 59	„
Vaucens „ „	93	„	„ 19	„	„ 58	„

Buche.

	Alter		Durchmesserstufen			
Mühletaler Halde, n. V. . . .	20	Jahre	von 2	cm	bis 11	cm
Brüschholz Pfl.	34	„	„ 5	„	„ 23	„
Galmitzhölzli, n. V.	81	„	„ 12	„	„ 47	„
Roßspaltiboden, n. V. . . .	96	„	„ 17	„	„ 50	„
Großmatt, n. V.	120	„	„ 11	„	„ 44	„

Tabelle 101.

Mittlere Stammstärke cm.

1. Fichte.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
	Preußen 1902.					
I	5,8	13,8	22,6	31,5	39,6	46,2
II	—	11,9	20,1	27,2	33,4	39,0
III	—	10,2	17,3	23,1	27,8	31,5
IV	—	8,2	14,7	19,2	22,6	25,0
V	—	6,7	11,6	15,3	17,5	—
	Braunschweig 1912.					
I	—	17,2	25,7	34,3	42,3	48,5
	Württemberg 1899.					
I	5,9	14,8	24,7	34,2	39,9	42,4
	Schweiz 1907. a) Hügelland.					
I	8,6	19,1	26,8	34,0	40,5	—
II	7,0	16,0	23,4	30,2	35,7	—
III	5,3	13,2	20,2	26,9	31,5	—
IV	4,1	10,9	17,5	23,5	27,6	—
V	3,0	8,4	14,9	20,5	24,0	—
	Schweiz 1907. b) Gebirge.					
I	6,0	16,8	25,0	33,0	40,0	44,0
II	4,4	13,5	20,7	28,0	33,9	37,8
III	2,7	10,5	17,0	23,4	28,6	32,2
IV	1,6	7,9	13,5	19,0	23,6	27,2
V	0,7	5,4	10,0	15,1	19,0	22,5

2. Tanne.

Bonität	Alter (30)	40	60	80	100	120 Jahre
	Baden 1902.					
I	5,4	11,9	23,9	34,1	40,9	46,1
II	4,1	9,2	19,4	28,0	34,7	39,9
III	3,0	6,7	15,3	22,6	28,9	34,3
IV	1,9	4,4	11,5	18,1	23,8	28,8
V	0,9	2,3	7,4	13,1	18,4	23,0
	Württemberg 1897. (30)					
I	—	10,1	19,2	30,0	40,9	46,4

3. Föhre.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
	Norddeutsche Tiefebene 1896.					
I	9,0	15,5	22,9	29,8	35,2	39,1
II	7,4	13,5	19,8	25,9	31,1	34,9
III	6,3	11,5	17,1	22,2	26,8	30,2
IV	—	9,5	14,2	18,4	22,3	25,4
V	—	7,5	11,1	14,5	17,7	—
	Hessen 1886. Rhein-Main-Ebene.					
I	9,7	15,6	23,2	32,8	43,0	48,7

Hessen 1886. Buntsandstein-Gebiet.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	9,4	14,5	21,4	26,8	31,8	35,9

4. Buche.

Braunschweig 1904.

	(30)					
I	7,5	12,4	21,1	28,6	35,0	40,9
II	6,2	10,4	18,4	25,6	32,2	38,1
III	5,0	8,6	15,7	22,6	28,9	34,8
IV	—	7,0	13,0	19,0	24,9	30,4
V	—	5,7	10,0	14,0	17,9	21,4

Hessen 1893. Oberhessen.

I	3,0	11,5	19,5	27,5	35,5	42,9

Baden 1894.

I	4	12	19	25	30	34
II	3	10	16	22	27	31
III	2	9	14	19	24	27
IV	1	7	12	17	21	24
V	—	6	10	14	18	21

Schweiz 1907.

I	5,1	13,8	23,0	29,1	33,5	37,0
II	3,8	11,5	19,2	25,1	29,6	33,4
III	2,8	9,2	15,8	21,0	25,6	29,4
IV	2,0	7,3	13,2	17,8	22,0	25,6
V	1,0	5,7	10,7	15,1	18,7	21,8

5. Eiche.

Preußen 1905.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120	140 Jahre
I	4,2	11,2	21,0	31,0	40,0	47,2	53,0
II	—	8,1	16,8	25,0	32,9	39,7	44,4
III	—	5,9	12,6	20,1	26,7	31,8	36,2

Hessen 1900.

I	7	16	25	33	40	47	53
II	5	13	21	28	35	42	48
III	4	10	17	24	30	36	41

6. Schwarzerle.

Preußen 1902.

Bonität	Alter 20	40	60	80 Jahre
I	11,7	21,7	27,4	30,5
II	9,5	17,7	22,4	24,3
III	7,5	14,4	17,9	—

7. Birke.

Preußen 1903.

	(30)			
I	12,3	17,0	23,6	32,0
II	9,8	14,0	19,7	26,5

3. Im 100. Jahre weichen die Stärken verschiedener Holzarten bedeutend von einander ab. Fichte, Tanne, Eiche erwachsen zur Stärke von 40, selten 42—45 cm. Die Föhre bleibt schon zurück mit 35 cm. Noch mehr ist dies bei der Buche der Fall, die meistens nur 30, selten 35 cm erreicht. Dieses Verhältnis unter den Holzarten bleibt auf allen Bonitäten ziemlich gleich.

Die Stärkenverhältnisse der Holzarten in verschiedenen Ländern weichen ebenfalls (meistens 2—3 cm) von einander ab.

4. Das Ansteigen des Durchmessers mit dem Alter ist ein ziemlich gleichmäßiges. Der Durchmesser steigt in 5 Jahren meistens um 2, selten nur um 1 cm. Soll die durchschnittliche Stärke eines Bestandes um 1 cm erhöht werden, so ist hiezu ein Zeitraum von 2—3 Jahren erforderlich. Diese Zahl stimmt ziemlich nahe mit dem von E. Gayer[1]) berechneten Zeitraum für den Übergang von den niederen zu höheren Sortimentsklassen überein. Waldbaulich sehr zu beachten ist Gayers Nachweis[2]), daß im Femelwald für den Übergang in die wertvollere Klasse 4—6 Jahre weniger erforderlich sind, als im geschlossenen Bestande. Die Bäume des Femelwaldes haben mit 45—60 Jahren nur einen Durchmesser von 6—10 cm; sie treten infolge der langen im unterdrückten Zustand zugebrachten Zeit „erst in dem höheren Alter von 60—90 Jahren in die V. Stammklasse ein, durchlaufen aber dann infolge des ihnen von nun an gewährten dauernden Lichtgenusses die Sortimente bis zum Stamm I. Klasse (mit etwa 50 cm Brusthöhendurchmesser) in der kurzen Zeit von 30—50 Jahren“.

5. Die Durchmesser fallen mit der geringeren Bonität um 4 meistens 5 cm. Um auf einer geringeren Bonität den Durchmesser der nächsthöheren zu erreichen, ist ein um 10—15 Jahre längerer Zeitraum erforderlich.

6. Die Verteilung der verschieden starken Stämme über die Fläche hin ist sehr unregelmäßig. Bald finden sich schwache und starke Stämme neben einander, bald läßt sich eine Gruppe schwacher, bald eine Gruppe starker Stämme abscheiden. In der Regel werden die Bodenverhältnisse den entscheidenden Einfluß ausüben. Bei Pflan-

[1]) Mitt. a. d. Versuchsw. Badens 1, 54.

[2]) A. a. O. S. 54, 55. Diese Angaben kann ich durch Untersuchungen im Plenterwald des Hochgebirges bestätigen.

Niederrickenbach (Unterwalden) ca. 1000 m ü. M. Fichte. Durchmesser auf dem Stock mit 60 Jahren 7 cm. Nach einem Freistand von 60 Jahren betrug der Durchmesser desselben Baumes 64 cm. Bei einer Sägmühle in Scheidegg (Pfänderkette am Bodensee 1000 m ü. M.) lag eine große Anzahl von Fichten und Tannen, die fast alle 40 Jahre nach der Freistellung gehauen worden sind. Der enge Kern war mit 67 Jahren 12 cm stark; 42 weite Ringe nach der Freistellung hatten einen Durchmesser am Stock von 48 cm. Bei einem anderen 60 jährigen Stamm betrug der Durchmesser am Stock 70 cm; davon waren 7 cm in 20 Jahren erwachsen (enger Kern); die 40 weiten Ringe waren 63 cm stark.

zungen erhält jede Pflanze den gleichen Standraum; schon nach wenigen Jahren beginnen einzelne sich stärker zu entwickeln, andere im Wachstum zurückzubleiben. Eine geometrisch gleichmäßige Verteilung der Stämme führt nicht zu gleicher Entwickelung der Bäume. Die ‚Auflösung von Gruppen" und die gleichmäßige Verteilung der künftigen „Haubarkeitsstämme" bei der Hochdurchforstung sind in der Regel mechanische Maßregeln. In alten Beständen läßt sich leicht beobachten, daß die stärksten und schönsten Bäume — selbst Eichen von 80—100 cm nicht ausgenommen — oft nur 1—2 m von einander abstehen. Die Beschaffenheit des Boden- und Wurzelraums erweist sich einflußreicher, als die gleichmäßige Entwickelung der Krone.

7. Die Vergleichung von Stammgrundfläche und mittlerer Stärke zeigt, daß hohe Grundfläche und hohe Stammstärke nicht zusammenfallen. Die mittlere Stärke von Fichte und Tanne beträgt 40 cm im 120. Jahre; dasselbe ist bei der Eiche der Fall. Die Grundfläche der Fichte erreicht 70 qm, die der Eiche nur 28 qm. Die Stammzahl der Fichte beträgt 500, die der Eiche nur 200. Die jeder Holzart eigentümliche Wachstumsenergie ist bei dieser Vergleichung zu berücksichtigen. Der einzelne Stamm von Föhre und Eiche erreicht die gleiche Stärke, wie Fichte und Tanne. Aber die Stammzahl reiner Föhren- und Eichenbestände ist gering, so daß die Grundfläche (und Masse) hinter derjenigen der Fichten- und Tannenbestände zurückbleibt.

Für die Anzucht gemischter Bestände lassen sich aus diesen Zahlen wichtige Schlüsse ableiten.

151. Die Altersperiode des höchsten Stärkewachstums im geschlossenen Bestande.

1. Für Fichte und Buche der Schweiz hat Flury die Zeit des höchsten Wachstums der Stammgrundfläche für den Hauptbestand und die gesamte Wuchsleistung (Haupt- + Nebenbestand) festgestellt [1]).

	Hauptbestand.		Gesamte Wuchsleistung.	
	Das Maximum des laufenden Zuwachses an Stammgrundfläche fällt auf das Alter		fällt auf das Alter	
Bonität	von Jahren	mit qm	von Jahren	mit qm
		Fichte, Hügelland.		
I	15	2,12	20	1,98
II	15	1,90	15	1,90
III	15	1,67	20	1,60
IV	15	1,42	15—20	1,42
V	15	1,22	15—20	1,22
		Buche.		
I	15	0,98	25	1,09
II	15	0,86	20—25	0,88
III	15	0,75	15—25	0,75
IV	15	0,66	15	0,66
V	15	0,58	15—20	0,58

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 9, 230.

Das Maximum des laufenden Zuwachses der Stammgrundfläche tritt also im frühen Alter von 15—20 Jahren ein.

Eine Vergleichung der Tabelle 98 ergibt, daß sich Fichte und Buche in andern Ländern ähnlich verhalten. Föhre und Eiche haben ebenfalls vor dem 30. Jahr den höchsten Zuwachs an Grundfläche; nur bei der Tanne tritt dieser erst gegen das 40.—50. Jahr hin ein.

2. Nach Flury fällt [1]) das Maximum des laufenden Stärkezuwachses in Bonität

I		II		III		IV		V	
auf die Altersperiode von Jahren mit mm:									
Jahre	mm	Jahre	mm	Jahre	mm	Jahre	mm	Jahre	mm
Fichte, Hügelland.									
15	6,6	15	5,4	20	4,4	20	3,6	20—25	3,0
Buche.									
45	4,6	40—45	4,0	40—50	3,5	45	3,1	45—50	2,7

„Der laufende Durchmesserzuwachs kulminiert nach den Ertragstafeln verhältnismäßig früh, bleibt dann aber lange Zeit hindurch ziemlich stationär, zumal bei der Buche und der Gebirgsfichte. Es ist Aufgabe der Wirtschaft, durch geeignete Bestandespflege und Schlagführung das Anhalten des Stärkezuwachses bis ins höhere Alter zu begünstigen“.

Im allgemeinen stimmen Fichte und Buche in anderen Ländern mit den Ergebnissen der schweizerischen Versuchsflächen überein.

Das Höhenwachstum.

§ 152. Allgemeines.

1. Das Höhenwachstum der verschiedenen Holzarten ist für manche praktische Maßregel von entscheidender Bedeutung.

Seit langer Zeit werden schnell wachsende und langsam wachsende Holzarten unterschieden und weitgehende Schlüsse an diese Unterscheidung geknüpft. Der Wachstumsunterschied zwischen manchen Holzarten ist so auffallend, daß er ohne genauere Messungen festgestellt werden kann (Schwarzerle oder Birke oder Ahorn gegenüber Buche, Fichte, Tanne). In anderen Fällen ist dagegen die Reihenfolge der Holzarten unter sich zweifelhaft oder wechselnd. Es braucht nur an das Verhalten von Buche und Eiche erinnert zu werden.

Die Aufgabe der wissenschaftlichen Forschung muß die zahlenmäßige Angabe des Wachstums und der Nachweis der einflußreichen Faktoren sein. Nur auf Grund genauer Messungen lassen sich die vielen Streit-

[1]) A. a. O. 9, 235. Besondere Beachtung verdienen die Auseinandersetzungen über den reinen Zuwachs und den rechnerischen Zuwachs des Mittelstamms infolge des Ausscheidens der schwächeren Stämme. S. 233.

fragen auf diesem Gebiete lösen. Wie tief das Höhenwachstum die praktischen Maßregeln des Waldbaus beeinflußt, soll nun übersichtlich dargelegt werden.

2. Vom Höhenwachstum ist die Bevorzugung der einen oder andern Holzart abhängig:

a) wenn die rasche Bestockung einer kahlen Fläche und die baldige Bedeckung des Bodens (Aufforstungen, Schutzwaldungen) angezeigt ist;

b) wenn durch Anbau einer raschwüchsigen Holzart einer andern Schutz gegen Frost, Austrocknung, Wind etc. gewährt werden soll;

c) wenn baldige Nutzung und baldiger Ertrag angestrebt wird.

3. Die Mischung der Holzarten und insbesondere die Erhaltung der Mischung in späteren Altersperioden ist hauptsächlich vom Höhenwachstum bedingt; so bei der natürlichen Verjüngung gemischter Bestände, bei der Begünstigung gewisser Holzarten, bei der künstlichen Einmischung weiterer Holzarten in die natürlichen Verjüngungen.

4. Es hängt vom Höhenwachstum ab, ob die Holzarten bis zur Verpflanzung ins Freie im Saatbeet belassen oder ob die Pflanzen verschult werden sollen, wie lange sie in der Saat- und Pflanzschule belassen werden sollen. Auch die Entscheidung, ob im einzelnen Falle gesät oder gepflanzt werden soll, wird, wenigstens teilweise, vom Höhenwachstum beeinflußt.

5. Reinigungshiebe, Durchforstungen, Freihiebe müssen je nach dem Höhenwachstum geändert werden, insbesondere auch, weil die Ausbildung der Krone vom Höhenwachstum, bezw. dem Höhenverhältnis benachbarter Stämme abhängig ist.

6. Mit dem Höhenwachstum hängen die wichtigsten Vorgänge im Bestandesleben, die Abnahme der Stammzahl, die Kronenbildung, der Zeitpunkt der höchsten Massenproduktion zusammen.

7. Endlich dient die erreichte Baum- und Bestandeshöhe meistens als Maßstab für die Beurteilung der Standortsgüte oder Bonität.

8. Von der Höhe eines Baumes oder eines ganzen Bestandes hängt der Massenertrag und die Verwendbarkeit des Holzes ab. Bei der Verwendung des Holzes sind vielfach Minimallängen gefordert. Je länger die Stämme sind, um so vielseitiger ist ihre Brauchbarkeit.

9. Die Fällungskosten sind von der Höhe beeinflußt; längeres Holz gibt bei gleichem Durchmesser höheren Festgehalt. Die Fällungskosten werden verhältnismäßig geringer. Andererseits sind lange Stämme schwieriger in eine bestimmte Fallrichtung zu bringen.

10. Die Kosten für Ausbringen des alten Holzes nehmen mit der Länge zu. Die Lagerplätze für Holz müssen größere Dimensionen haben

oder sie müssen vermehrt werden. Die Kurven bei Wegbauten müssen nach der Länge der Stämme verschieden angelegt werden.

11. Der ästhetische Eindruck hoher, schlanker Stämme und Bestände darf nicht vergessen werden. Manches Waldgebiet verdankt seinen Ruhm den „majestätischen" Beständen.

§ 153. Das Höhenwachstum in der frühesten Jugendperiode.

1. Die Eigentümlichkeit jeder Holzart kommt in der Jugendperiode um so mehr zur Geltung, je freier die einzelne Pflanze in der natürlichen Verjüngung oder bei der Anpflanzung steht, je weniger sie von den Nachbarpflanzen in der Entwickelung beeinflußt ist.

Sollen verschiedene Holzarten in Bezug auf das natürliche Höhenwachstum untersucht werden, so müssen die klimatischen und Bodenverhältnisse für alle Holzarten gleich sein. Allerdings kann die zum Studium gewählte Bodenart der einen oder anderen Holzart besser zusagen; dieser Fehler kann durch vergleichende Untersuchung des Wachstums auf mehreren Bodenarten bei demselben Klima vermieden werden. Den Einfluß verschiedener klimatischer Bedingungen zu eliminieren ist schwieriger, weil nur selten die gleiche Bodenart in verschiedenen klimatischen Zonen zu finden, oder ihre Herbeischaffung zu kostspielig ist. Endlich kommt es auch auf die Zeit der Untersuchung an, weil das Klima von Jahr zu Jahr, oder in längeren Perioden wechselt.

2. Untersuchungen über das Wachstum der Pflanzen in der frühesten Jugendperiode sind im Versuchsgarten Adlisberg angestellt worden. Sie wurden von Badoux und Flury bearbeitet. Die wichtigsten Punkte sind den betreffenden Abhandlungen entnommen[1]), auf die bezüglich der Einzelheiten verwiesen werden muß.

Zunächst folgen die Ausführungen von Flury über die Untersuchung 10 jähriger Pflanzen.

3. Das Untersuchungsmaterial stammt zum weitaus größten Teil aus dem Versuchsgarten Adlisberg (676 m ü. M.). Der Boden, auf welchem die Pflanzen erzogen wurden, ist lehmiger Ton. Zur Vergleichung mit den bei 676 m Meereshöhe erwachsenen Pflanzen wurden solche aus den von der forstlichen Versuchsanstalt zu Kulturversuchen eingerichteten Höhenstationen benützt. Von diesen kommen hier in Betracht:

Rigi-Scheidegg	1600 m ü. M.
„ Kulm	1610 „ „ „
„ Klösterli	1230 „ „ „
Schönboden ca.	1000 „ „ „

Alle 4 Stationen liegen am Rigi und gehören bezüglich ihres geologischen Untergrundes zur subalpinen, polygenen Nagelfluh der untern Süßwassermolasse. Die Verwitterungsprodukte liefern daher vorzugsweise kräftigen Ton, welcher in der Hauptsache von roten Graniten herrührt.

Die Bodenverhältnisse des Versuchsgartens Adlisberg sind nun freilich nicht dieselben, wie diejenigen der Höhenstationen am Rigi, wenn gleich hier wie dort

[1]) Mitt. der Schweiz. V. A. 4, 175 und 189.

der Ton den Hauptbestandteil des Bodens ausmacht. Die erhaltenen Resultate sollen daher auch nicht zu Schlußfolgerungen über den Einfluß der Höhenlage auf die Pflanzenentwickelung verwendet, sondern überhaupt nur zu einer allgemeinen Vergleichung hier herangezogen werden.

Die Anzahl der untersuchten Pflanzen beträgt:

Versuchsgarten Adlisberg, 676 m ü. M.	2417
Schönboden am Rigi ca. 1000 m ü. M.	25
Rigi-Klösterli, 1230 m ü. M.	385
Rigi-Kulm, 1610 m ü. M.	135
Rigi-Scheidegg, 1607 m ü. M.	629

Das auf den Höhenstationen untersuchte Material wurde entweder am betreffenden Ort selbst oder auf einer andern Höhenstation im Saatbeet erzogen und dann verschult. Auch wurden einjährige Pflanzen vom Versuchsgarten Adlisberg auf Rigi-Scheidegg verschult; sie sind aber im vorliegenden Material nur enthalten, wenn sie wenigstens 1—2 Jahre im Verschulbeet stehen.

Für den Versuchsgarten Adlisberg erfolgten die Messungen in der Zeit vom 26. November bis 7. Dezember 1894, für die Höhenstationen im Monat Juni 1894.

4. Das Alter der Pflanzen ist genau bekannt aus dem Datum der ausgeführten Saaten.

Die Untersuchung erstreckt sich lediglich auf den oberirdischen Teil der Pflanzen und zwar nach Höhen- und Seitenwachstum.

Die Untersuchung des Höhenwachstums erfolgte in nachstehender Weise.

Infolge bedeutender Differenzen in der Scheitelhöhe bei Pflanzen desselben Alters konnte die Ausscheidung von Höhenklassen nicht umgangen werden. Es wurden deshalb meist die drei Klassen: groß, klein und mittelgroß schätzungsweise ausgeschieden und von allen drei Klassen in der Regel je die gleiche Anzahl Pflanzen gemessen und zwar wenigstens 10 Stück, um den Einfluß der sog. Individualität so gut als möglich zu eliminieren.

Sodann erfolgte die Messung der diesjährigen, der letztjährigen, vorletztjährigen etc. Scheitelhöhen je nach dem betreffenden Alter der Pflanzen. Unter der Scheitelhöhe verstehen wir auch hier, wie bei älteren Bäumen, die gesamte oberirdische Länge der Pflanze. Pflanzen, welche zu sehr beengt waren, wurden nicht zur Untersuchung benützt.

Die zur Untersuchung verwendeten Pflanzen sind, wie oben erwähnt wurde, im Versuchsgarten Adlisberg, d. h. auf gleichem Boden, unter gleichem Klima, bei ebener oder fast ebener Lage erzogen worden.

Auf anderen Bodenarten kann das gegenseitige Verhältnis der Höhe ein anderes sein, als auf Tonboden. Die Untersuchungen über das Wachstum von 12 Holzarten auf verschiedenen Bodenarten weisen hierauf hin.

Ebenso könnte das Wachstum auf Tonboden bei einer anderen Meereshöhe oder Lage ebenfalls Änderungen zeigen.

5. Das Höhenwachstum einer Holzart kann auf zwei verschiedene Arten festgestellt werden. Man verfolgt entweder die einjährigen Pflanzen in ihrer Höhenentwickelung beispielsweise bis zum 10. Jahr und stellt dieselbe durch jährliche Messungen fest; oder man ermittelt umgekehrt an den 10 jährigen Pflanzen die Höhenentwickelung in den früheren Jahren durch Zurückmessen der jährlichen Höhentriebe. Auf diese Weise erhalten wir die Höhenwachstumskurve von Jahr zu Jahr, beispielsweise für 10 jährige Fichten, welche im Frühjahr 1885 gesät wurden. Diese Kurve zeigt einen unregelmäßigen Verlauf mit bedeutenden positiven und negativen Abweichungen. Der Grund hievon ist hauptsächlich dem Einfluß der wechselnden Jahreswitterung zuzuschreiben.

Tabelle 102.

Höhenwachstum junger Pflanzen.

Holzart	Anzahl der untersuchten Pflanzen	1. Klasse: Groß									
		Durchschnittliche Höhe der Pflanzen im Alter von Jahren									
	Stück	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Nadelholz.											
1. Fichte	213	6	14	22	35	49	59	89	113	138	
2. Tanne	220	4	7	9	14	19	30	36	42	70	
3. Lärche	175	4	21	50	80	91	109	118	130	160	
4. Arve	80	4	5	6	7	8	11	13	18	28	44
5. Föhre	150	4	9	21	41	63	150				
6. Bergföhre (mont.)	110	3	5	6	18	21	28	57			
7. Hackenf. (uncin.)	145	3	4	8	13	20	41	57			
8. Schwarzföhre . .	125	4	8	20	39	59	115				
9. Weymouthsföhre	90	3	5	10	22	53	102				
	1308										
B. Laubholz.											
1. Buche	90	13	20	35	58	79	106				
2. Eiche	249	17	33	51	84	115	135	144			
3. Esche	165	11	35	76	104	175	215				
4. Bergahorn . . .	140	18	51	91	153	177	201				
5. Spitzahorn . . .	25	15	28	92	173	259	302				
6. Hainbuche . . .	90	7	32	61	81	132	205	224			
7. Schwarzerle . .	45	22	94	269	417						
8. Ulme	30	13	75	157							
9. Birke	60	3	50	149	311						
10. Großbl. Linde .	50	7	28	49	76	116	157	216	250	316	
11. Kleinbl. Linde .	60	8	13	35	66	125	188				
12. Kastanie	60	13	31	58							
13. Akazie	45	31	102	163	302						
	1109										

Die Reihenfolge der Nadelhölzer nach dem Höhenwuchs wäre:

Lärche,
Föhre,
Schwarzföhre,
Weymouthsföhre,
Fichte,
Bergföhre (P. mont.),
Hackenföhre (P. uncin.),
Tanne,
Arve.

Die Tannen der Klasse 1 bleiben hinter den Lärchen und den Föhren der Klasse 3 noch um 1—4 Jahre zurück. Die Fichten der Klasse 3 überholen die Tannen der Klasse 1 meist noch um 1—2 Jahre.

Tabelle 102.

Höhenwachstum junger Pflanzen.

2. Klasse: Mittelgroß										3. Klasse: Klein										Holzart
Durchschnittliche Höhe der Pflanzen im Alter von Jahren										Durchschnittliche Höhe der Pflanzen im Alter von Jahren										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
A. Nadelholz.																				
5	11	16	24	34	39	57	70	102		3	7	11	18	26	33	51	63	93		Fichte
3	5	7	11	15	23	29	33	55		2	3	5	9	13	18	24	27	43		Tanne
3	14	44	70	80	92	101	112	140		2	11	25	39	50	57	64	73	100		Lärche
3	4	5	6	7	8	9	11	16	29	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	Arve
3	7	18	34	54	122					2	5	10	20	37	86					Föhre
2	3	4	9	10	14	29				1	2	3	5	7	10	18				Bergf. (mont.)
2	3	6	7	11	24	33				1	2	4	6	9	16	20				Hackenf. (unc.)
2	5	12	24	35	72					1	4	7	13	24	46					Schwarzföhre
2	4	7	13	28	56					1	3	5	8	16	25					Weymouthsf.
B. Laubholz.																				
9	13	20	31	38	51					6	8	11	15	16	24					Buche
10	18	29	52	77	99	120				6	14	19	28	44	59	96				Eiche
7	18	41	57	102	121					6	11	23	33	46	70					Esche
12	26	43	104	107	142					8	13	22	65	84	112					Bergahorn
10	21	60	116	169	210					7	12	21	43	80	107					Spitzahorn
6	17	31	47	82	130	146				4	10	17	30	53	74	88				Hainbuche
9	47	217	340							3	41	200	295							Schwarzerle
9	51	100								6	23	48								Ulme
2	39	102	209							1	20	43	72							Birke
5	20	30	41	93	115	138	164	212		2	17	22	35	80	100	111	136	179		Großbl. Linde
5	9	18	41	80	122					2	6	12	22	37	58					Kleinbl. Linde
11	22	31								9	12	15								Kastanie
28	56	98	163							13	22	36	56							Akazie

Bei den Laubhölzern wäre die Reihenfolge der einzelnen Holzarten nach dem Höhenwachstum nachstehende:

Schwarzerle, Esche,
Birke, Eiche,
Akazie, Hainbuche,
Spitzahorn, Linde,
Bergahorn, Buche.

Trockenheit oder verspäteter Eintritt milder Witterung im Frühjahre verkürzen den Höhentrieb. Sehr deutlich tritt dies aber nur bei denjenigen Holzarten hervor, welche nicht wie Ahorn, Erlen, Birken bis in den Juli und August hinein ihre Höhenentwickelung fortsetzen, sondern dieselbe schon im Mai (Buche) und Juni (Fichte) beschließen.

Würde also für 10 Jahre nur eine einzige Pflanzengruppe der Beobachtung unterstellt, so könnte eine Ausgleichung des Einflusses der Jahreswitterung nicht stattfinden. Der achte Höhentrieb von jetzt 9 jährigen Pflanzen erfolgte im Jahre 1893 bei großer Trockenheit. Es mußte deshalb das Streben darnach gehen, Pflanzen zu finden, bei welchen der Trieb im achten Lebensjahre nicht 1893, sondern noch in anderen Jahren, etwa 1894, 1892, 1891 erfolgt war.

Die Pflanzen mußten also aus den Saaten verschiedener Jahrgänge entstammen. Der Versuchsgarten ist seit 7 Jahren im Betrieb, so daß für einen Teil der Holzarten Saaten vom 1. bis 7. Lebensjahre in regelmäßiger Abstufung zur Verfügung stehen. Da die Bodenverhältnisse im Garten dieselben sind, so ließen sich die Höhen einzelner Jahre miteinander vergleichen. Daß einjährige, zum Teil auch zweijährige Pflanzen im Saatbeet gemessen werden mußten, während die älteren Pflanzen verschult waren, bedarf keiner näheren Begründung.

Es liegt in der Natur der Sache, daß nicht für alle Altersklassen und Holzarten ein gleich langer Zeitraum des Wachstums untersucht werden konnte. Für die jüngeren Klassen ist das Material reichlicher vorhanden.

6. Die Tabelle 102 enthält a) für das Nadel-, b) für das Laubholz die aus der Grundtabelle berechneten Mittelwerte. Fehlende, oder abnorme Werte sind durch interpolierte Zahlen ersetzt worden.

Die Tabelle zeigt natürlich kein gleichmäßiges Ansteigen der Höhen. Eine regelmäßig verlaufende Höhenkurve würde der Natur der meisten Holzarten widersprechen. Am bekanntesten ist in dieser Beziehung die Weißtanne; 4 und mehr Jahre lang ist der jährliche Höhentrieb ganz unbedeutend. Plötzlich tritt ein starkes Höhenwachstum ein, und ein einziger Jahrestrieb übertrifft an Länge die gesamte Höhenwachstumsleistung der vorhergehenden Jahre.

Bei Vergleichung der Nadel- und Laubhölzer unter einander erhalten wir folgende Skala:

Schwarzerle,	Föhre,
Birke,	Schwarzföhre,
Akazie,	Weymouthsföhre,
Spitzahorn,	Fichte,
Bergahorn,	Buche,
Esche,	Bergföhre,
Eiche,	Hackenföhre,
Hainbuche,	Tanne,
Linde,	Arve.
Lärche.	

Obige Reihenfolge gilt natürlich nur bis zu einem Pflanzenalter von etwa 6—8 Jahren.

7. Die Kulturversuche in höheren Lagen sind erst 1891 begonnen worden. Es steht daher noch kein älteres Material zur Verfügung. In den ersten 2 Jahren bleiben die Nadelhölzer im Gebirge nur wenig im Wachstum zurück. Der Einfluß der Höhenlage tritt bei denselben erst später hervor, während er bei denLaubhölzern schon im ersten Jahre sich geltend macht.

Einige Auszüge aus den Tabellen mögen immerhin von einigem Interesse sein.

		Durchschnittliche Scheitelhöhe der Pflanzen für die 1. Klasse: Groß im Alter von Jahren 2	3
		cm	cm
Rigi-Kulm (1610 m ü. M.) . . .	Lärche	15	
	Föhre	10	
	Spitzahorn	9	
Rigi-Scheidegg (1600 m ü. M.) .	Fichte	6	8
	Tanne		8
	Lärche		10
	Föhre	9	12
	Buche		18
	Eiche		19
	Esche	10	
	Bergahorn		32
Rigi-Klösterli (1230 m ü. M.) . .	Fichte		13
	Lärche		16
	Esche	8	
	Spitzahorn	7	

8. Zu diesen Ausführungen Flurys lasse ich einen Zusatz folgen.

Oben sind für diese jungen Pflanzen 3 Größenklassen ausgeschieden worden. Wird für alle Nadelhölzer bezw. Laubhölzer die durchschnittliche Höhe berechnet, so stufen sich die 3 Klassen in folgender Weise ab:

	1. Klasse	2. Klasse	3. Klasse
	cm	cm	cm
Nadelholz, 3 jährig . . .	17 (100)	13 (76)	8 (47)
„ 6 „ . . .	72 (100)	50 (69)	33 (46)
Laubholz 3 „ . . .	99 (100)	63 (63)	38 (38)

Trotz der Gleichheit des Klimas und des Bodens zeigen die sorgfältig ausgewählten und ursprünglich gleich hohen Pflanzen nach 3 Jahren schon Unterschiede im Höhenwachstum, die 50—60 % betragen. Nicht bemerkbare Unterschiede im Boden und die Entwickelung der einzelnen Pflanzen im 1. Jahre (die „Wachstumsenergie“) mögen diese großen Unterschiede hervorgerufen haben.

Für die Bemessung des Saatquantums, den Abstand der Pflanzen bei Verschulungen und Pflanzungen, die Ausscheidung von herrschenden, beherrschten, unterdrückten Pflanzen können aus diesen Erhebungen Anhaltspunkte gewonnen werden.

9. Das Wachstum der gleichen Holzarten auf verschiedenen Bodenarten hat Badoux untersucht. Die Bodenarten waren im Versuchsgarten Adlisberg, also bei gleicher Meereshöhe und gleichem Klima neben einander in ausgeschöpfte Beete eingefüllt worden.

Tabelle 103.

Reihenfolge der Holzarten nach der Höhe auf den verschiedenen Bodenarten.
6 jährig.

Sand		Kreidekalk		Verrucano		Flysch	
Spitzahorn .	196	Spitzahorn .	225	Spitzahorn .	138	Lärche . .	73
Esche . . .	128	Esche . .	183	Esche . .	105	Esche . .	50
Lärche . .	114	Hainbuche .	119	Lärche . .	89	Linde . .	47
Hainbuche .	70	Lärche . .	106	Hainbuche .	71	Hainbuche .	43
Linde . . .	67	Buche . .	80	Eiche . . .	63	Buche . .	40
Buche . .	57	Linde . .	73	Buche . .	44	Weymf. . .	32
Föhre . .	52	Föhre . .	72	Linde . .	43	Föhre . .	28
Eiche . . .	31	Weymouthsf.	48	Weymf. . .	41	Spitzahorn .	27
Weymouthsf.	29	Fichte . .	45	Föhre . .	33	Fichte . .	18
Fichte . .	10	Eiche . .	25	Fichte . .	21	Eiche . .	15
Tanne . .	9	Tanne . .	18	Tanne . .	14	Tanne . .	11
Arve . . .	9	Arve . . .	8	Arve . . .	9	Arve . . .	8

Gneis		Bündnerschiefer		Jurakalk		Ton	
Spitzahorn .	151	Lärche . .	113	Esche . .	117	Spitzahorn .	211
Lärche . .	122	Spitzahorn .	63	Lärche . .	98	Esche . .	207
Esche . .	118	Buche . .	50	Hainbuche .	74	Hainbuche .	158
Hainbuche .	103	Esche . .	44	Spitzahorn .	67	Lärche . .	134
Weymf. . .	71	Föhre . .	40	Linde . .	55	Buche . .	90
Eiche . .	57	Hainbuche .	39	Föhre . .	49	Föhre . .	66
Linde . .	52	Linde . .	37	Fichte . .	36	Linde . .	63
Buche .	52	Weymf. . .	32	Buche . .	36	Fichte . .	52
Föhre . .	51	Fichte . .	23	Weymf. . .	30	Eiche . .	48
Fichte . .	44	Eiche . .	18	Eiche . .	21	Weymf. . .	42
Tanne . .	19	Tanne . .	12	Tanne . .	15	Tanne . .	18
Arve . . .	10	Arve . . .	12	Arve . . .	9	Arve . . .	11

„Aus dieser Tabelle geht hervor, sagt Badoux, daß in Bezug auf die Höhenentwickelung in der Jugend die Holzarten sich je nach dem Boden sehr verschieden verhalten. Die Reihenfolge der Holzarten ist auf verschiedenen Bodenarten nicht dieselbe. Einzig die Tanne und die Arve zeigen ein konstantes Verhalten, indem sie auf allen Bodenarten die langsamste Entwickelung haben. Der Spitzahorn, der auf fünf Bodenarten die erste Stelle einnimmt, wird dagegen auf dem Jurakalk von 3, auf dem Flysch sogar von 7 anderen Holzarten überholt. Die Buche, die nach der gewöhnlichen Annahme im Höhenwuchs hinter der Eiche zurückbleiben soll, zeigt doch eine raschere Entwickelung als letztere auf Kreidekalk, Flysch, Bündner Schiefer, Jurakalk und Ton. Endlich tritt auf Kreidekalk, Bündner Schiefer und Ton die Weymouthsföhre hinter die gewöhnliche Föhre zurück, während auf den anderen Bodenarten wir dem umgekehrten Fall begegnen“.

Vergleicht man die Reihenfolge mit derjenigen von Flury für den Ton aufgestellten, so ergeben sich nur bei Buche und Eiche, sowie Föhre und Weymouthsföhre Änderungen; im wesentlichen stimmen beide Reihen überein. Ebenso stehen auf fast allen Bodenarten die Laubhölzer in der Höhenentwickelung voran; auf einigen schiebt sich die Lärche bis in die ersten Reihen vor.

10. Von Interesse sind noch die Höhen, wie sie auf den verschiedenen Bodenarten erzielt wurden, wenn diese Holzarten je für sich (nicht in Mischung) angebaut sind.

Es schwankt die durchschnittliche Höhe je nach der Bodenart bei

Fichte	von 10 bis	52 cm	Buche	von	36 bis	90	cm
Tanne	„ 9 „	19 „	Stieleiche	„	15 „	63	„
Föhre	„ 28 „	72 „	Esche	„	44 „	207	„
Lärche	„ 73 „	134 „	Spitzahorn	„	27 „	225	„
Arve	„ 8 „	12 „	Hainbuche	„	39 „	158	„
Weymouthsföhre . .	„ 29 „	71 „	Linde	„	37 „	73	„

Die Reihenfolge der Bodenarten nach dem Gewicht der Pflanzen und nach der Höhe stimmt fast vollständig überein, so daß die für den Augenschein bequemere Klassifikation nach der Höhe ohne Bedenken angewendet werden darf[1]).

Die Höhe auf den besten Bodenarten übertrifft diejenige auf den geringsten um das 1,5—8 fache, vorherrschend um das 2—3 fache.

11. Ähnliche Untersuchungen sind im Versuchsgarten Großholz ausgeführt worden. Die Pflanzen wurden 1 jährig in die verschiedenen Bodenarten eingepflanzt. Der Boden war eingefüllt worden, wurde aber nach der Bepflanzung nie behackt oder gelockert.

Tabelle 104 weist das Höhenwachstum der 9 jährigen Pflanzen nach.

Tabelle 104.

Versuchsgarten Großholz.

Wachstum auf verschiedenen Bodenarten. 9 jährig.

Mittlere Höhe der Pflanzen cm.

	Buntsand	Muschelkalk	Bunte Mergel	Keupersand	Knollenmergel	Lias Lehm	Lias Ton	Weißer Jura ε	Weißer Jura ζ	Gletscherschutt: Sand
Fichte . . .	108	80	35	36	90	110	70	25	65	55
Tanne . . .	22	—	15	12	21	26	20	13	15	19
Föhre . . .	—	78	—	35	(8j.) 155	150	115	50	60	100
Lärche . . .	180	138	57	66	150	250	210	75	90	88
Weymouthsf.	100	—	—	22	65	180	160	(5j.) 10	22	22
Buche . . .	50	38	35	30	80	70	45	45	40	45
Stiel-Eiche .	45	23	21	20	90	115	59	20	25	80
Esche . . .	30	22	15	14	135	46	21	12	20	22
Bergahorn .	125	165	130	38	180	180	68	80	130	78
Schwarzerle	350	330	(8j.) 270	200	(8j.) 250	225	220	80	270	330

[1]) A. a. O. S. 184. 185.

Das Höhenwachstum auf den besseren Bodenarten übertrifft dasjenige auf den geringeren Bodenarten meist um das 4—6 fache.

Die Reihenfolge der Holzarten stimmt mit derjenigen vom Versuchsgarten Adlisberg fast ganz überein (nur bei Lärche und Ahorn, auch Esche nicht), obgleich die Bodenarten ganz verschieden, auch die Niederschläge vom Adlisberg bedeutend höher sind. Die Eigentümlichkeiten der Holzarten haben sich in beiden Lagen übereinstimmend geltend gemacht.

Hinsichtlich der Eiche und Buche mag noch darauf hingewiesen werden, daß das Wachstum beider Holzarten im Durchschnitt fast ganz gleich ist (50 gegen 48 cm). Im einzelnen betragen die Unterschiede meistens nur 15—25, ausnahmsweise 35—45 cm. Die Eiche ist der Buche überlegen auf Lias-Lehm, Knollenmergel, Lias-Ton und Gletscherschutt; auf den übrigen 6 Bodenarten ist die Buche vorwüchsig.

Vergleicht man die Reihenfolge auf bestem (Lias-Lehm) und auf geringstem (Keupersand) Boden, so ergibt sich fast genau die gleiche relative Höhenentwickelung, ein weiterer Beweis dafür, daß die Holzarten ihre Eigentümlichkeit auf den verschiedenen Bodenarten wahren.

Der Boden des Versuchsgartens Großholz hat eine tonige, also schwer durchlassende Unterlage. Für Keupersand, Lias-Ton und Lias-Lehm wurde die Durchlässigkeit durch Einlage einer 20 cm hohen Steinschicht hergestellt. Die Reihenfolge der Holzarten wurde dadurch nicht verändert. Dagegen ist das Wachstum aller Holzarten auf diesem durchlassenden Untergrunde besser, als auf dem undurchlassenden.

Auf weiteren 10 Bodenarten wurden 1905 Saaten und Pflanzungen ausgeführt. In der folgenden Tabelle 105 sind die Maximalhöhen eingesetzt, welche die Pflanzen in 4 bezw. 5 Jahren erreicht hatten.

Tabelle 105.

Höhenwachstum auf verschiedenen Bodenarten.

Versuchsgarten Großholz.

Saaten 4jährig. Maximum der Höhe cm.

	Buntsand	Muschelkalk	Jura ε sandig	Jura ζ tonig	Jura ζ kalkig
Fichte	50	48	27	44	49
Tanne	13	13	10	—	10
Föhre	43	27	33	41	5
Lärche	195	144	118	—	—
Buche	66	34	13	47	70
Bergahorn	162	245	148	131	—
Stieleiche	146	130	64	85	67
Traubeneiche	132	149	114	90	80

Pflanzungen 5 jährig. Durchschnittliche Höhe cm.

	Granit	Gneis	Rotliegendes	Brauner Jura α	Brauner Jura β
Fichte	60	40	45	60	50
Tanne	7	10	12	10	12
Föhre	50	35	35	40	40
Lärche	130	110	130	130	140
Buche, 6 j.	45	35	35	60	45
Stieleiche	25	20	25	100	80
Esche	80	30	60	110	160
Bergahorn (6 j.)	135	100	120	170	210

Zum Schlusse folgt eine Zusammenstellung des Höhenwachstums von 27 Nadel- und 79 Laubhölzern (und einiger sonstiger Pflanzen), die im Versuchsgarten Großholz auf Lias-Lehm 1 jährig gepflanzt, zum kleinsten Teil gesät wurden und nun 11 Jahre alt geworden sind.

Höhenwachstum 1913.

Tabelle 106.

Durchschnittliche Höhe der Holzarten und einiger Sträucher im Alter von 11 Jahren.

Pflanzenart	Durchschnittliche Höhe								
	bis 50 cm	51 bis 100 cm	101 bis 150 cm	151 bis 200 cm	201 bis 250 cm	251 bis 300 cm	301 bis 350 cm	über 350 cm	
I. Nadelhölzer.									
Abies Nordmanniana	50	—	—	—	—	—	—	—	
„ *pectinata*	—	90	—	—	—	—	—	—	
Cedrus Deodara	—	—	140	—	—	—	—	—	
„ *Libani*	—	—	140	—	—	—	—	—	(Saat)
Chamaecyparis Lawsoniana	—	—	—	200	—	—	—	—	
Cryptomeria japonica	—	—	—	176	—	—	—	—	(Saat)
Juniperus communis	—	—	—	176	—	—	—	—	
Larix europaea	—	—	—	—	—	—	350	—	
„ *leptolepis*	—	—	—	—	—	300	—	—	
„ *sibirica*	—	—	115	—	—	—	—	—	
Picea excelsa	—	—	110	—	—	—	—	—	
„ *pungens*	40	—	—	—	—	—	—	—	
„ *sitchensis*	—	—	—	180	—	—	—	—	
Pinus austriaca	—	—	—	—	—	270	—	—	
„ *cembra*	—	74	—	—	—	—	—	—	(Saat)
„ *laricio*	—	—	—	—	—	—	350	—	
„ *pinaster*	—	—	—	—	245	—	—	—	
„ *montana*	—	—	105	—	—	—	—	—	
„ *mughus*	—	100	—	—	—	—	—	—	
„ *pumilio*	—	95	—	—	—	—	—	—	
„ *uncinata*	—	—	135	—	—	—	—	—	
„ *silvestris*	—	—	—	—	—	300	—	—	
„ *strobus*	—	—	—	—	220	—	—	—	
Pseudotsuga Douglasi	—	—	—	160	—	—	—	—	
Taxus baccata	—	77	—	—	—	—	—	—	
Thuja occidentalis	—	—	120	—	—	—	—	—	
Wellingtonia gigantea	—	—	—	—	210	—	—	—	(Saat)

Pflanzenart	Durchschnittliche Höhe							
	bis 50 cm	51 bis 100 cm	101 bis 150 cm	151 bis 200 cm	201 bis 250 cm	251 bis 300 cm	301 bis 350 cm	über 350 cm
	II. Laubhölzer.							
Acer campestre . . .	—	—	—	176	—	—	—	—
,, *negundo*	—	80	—	—	—	—	—	—
,, *platanoides* . . .	—	—	—	—	—	280	—	—
,, *pseudoplatanus* . .	—	—	—	—	—	260	—	—
Aesculus hypocastanum .	—	—	—	—	—	—	330	—
Ailanthus glandulosa . .	—	—	130	—	—	—	—	—
Alnus glutinosa . . .	—	—	—	—	—	—	—	375
,, *incana*	—	—	—	—	—	—	—	440
Ampelopsis hederacea .	—	—	—	—	—	—	—	400
Berberis vulgaris . . .	—	—	125	—	—	—	—	—
Betula alba	—	—	—	—	—	—	—	—
Buxus sempervirens . .	35	—	—	—	—	—	—	—
Calycanthus floridus . .	—	—	105	—	—	—	—	528
Carpinus betulus . . .	—	—	—	—	220	—	—	—
Carpinus ostrya . . .	—	—	—	—	240	—	—	—
Carya alba	50	—	—	—	—	—	—	—
Castanea vesca	—	—	—	—	—	—	308	—
Celtis australis	—	83	—	—	—	—	—	—
,, *occidentalis* . . .	—	27	—	—	—	—	—	—
Clematis vitalba . . .	—	—	—	—	—	—	330	—
Cornus mascula . . .	—	—	126	—	—	—	—	—
,, *sanguinea* . . .	—	—	—	—	242	—	—	—
Corylus avellana . . .	—	—	—	—	210	—	—	—
Cotoneaster tomentosa .	—	60	—	—	—	—	—	—
Crataegus monogyna . .	—	—	—	—	220	—	—	—
,, *oxyacantha* . .	—	—	—	—	220	—	—	—
Evonymus europaeus . .	—	88	—	—	—	—	—	—
Fagus silvatica	—	—	—	185	—	—	—	—
Fraxinus americana . .	—	—	—	198	—	—	—	—
,, *excelsior* . .	—	—	—	—	—	286	—	—
,, *ornus* . . .	—	—	—	—	—	—	308	—
Hippophaë rhamnoides .	—	—	—	—	220	—	—	—
Ilex aquifolium . . .	50	—	—	—	—	—	—	—
Juglans regia	—	—	—	—	—	297	—	—
Ligustrum vulgare . .	—	80	—	—	—	—	—	—
Liriodendron tulipifera .	—	—	—	—	—	300	—	—
Lonicera caprifolium . .	—	80	—	—	—	—	—	—
,, *nigra*	—	100	—	—	—	—	—	—
,, *xylosteum* . .	—	80	—	—	—	—	—	—
Mespilus amelanchier .	—	—	—	182	—	—	—	—
Morus alba	50	—	—	—	—	—	—	—
,, *nigra*	—	—	140	—	—	—	—	—
Platanus occidentalis . .	—	—	—	—	—	—	305	—
,, *orientalis* . .	—	—	—	—	—	280	—	—
Robinia pseudoacacia . .	—	—	—	—	—	280	—	—
Ulmus montana . . .	—	—	—	—	—	—	—	374

Pflanzenart	Durchschnittliche Höhe							
	bis 50 cm	51 bis 100 cm	101 bis 150 cm	151 bis 200 cm	201 bis 250 cm	251 bis 300 cm	301 bis 350 cm	über 350 cm
Ulmus campestris . . .	—	—	150	—	—	—	—	—
„ *effusa*	—	75	—	—	—	—	—	—
Prunus avium . . .	—	—	—	—	209	—	—	—
„ *domestica.* . .	—	—	—	154	—	—	—	—
„ *mahaleb* . . .	—	—	—	—	230	—	—	—
„ *padus*	—	—	—	187	—	—	—	—
„ *spinosa* . . .	—	—	—	—	240	—	—	—
Pirus communis . . .	—	—	—	187	—	—	—	—
„ *malus*	—	—	—	—	220	—	—	—
Quercus cerris	—	—	—	—	215	—	—	—
„ *bicolor* . . .	—	—	110	—	—	—	—	—
„ *macrocarpa* . .	—	—	125	—	—	—	—	—
„ *pedunculata* . .	—	—	—	—	—	300	—	—
„ *sessiliflora* . .	—	—	—	—	—	270	—	—
„ *rubra*	—	—	—	—	—	300	—	—
Rhamnus cathartica . .	—	—	125	—	—	—	—	—
„ *frangula* . . .	—	—	—	—	250	—	—	—
Rosa canina	—	—	—	198	—	—	—	—
Rubus fruticosus . . .	—	—	—	—	—	—	—	385
„ *Idaeus*	—	—	120	—	—	—	—	—
Sambucus nigra . . .	—	—	—	180	—	—	—	—
„ *racemosa* . .	—	—	—	—	220	—	—	—
Sorbus Aria	—	—	—	—	—	253	—	—
„ *aucuparia* . . .	—	—	—	—	—	285	—	—
„ *hybrida* . . .	—	—	—	—	—	—	330	—
„ *torminalis* . . .	—	—	—	—	248	—	—	—
Spartium scoparium . .	—	—	—	185	—	—	—	—
Staphylea pinnata . .	—	60	—	—	—	—	—	—
Syringa vulgaris . . .	—	100	—	—	—	—	—	—
Tilia grandifolia . . .	—	—	—	—	—	—	350	—
„ *parvifolia* . . .	—	—	—	—	—	265	—	—
Ulex europaea	—	—	143	—	—	—	—	—
Viburnum opulus . .	—	—	—	—	230	—	—	—

Die Tabelle ist leider nicht ganz vollständig; es fehlen z. B. Aspe und die Weiden. Es war mehrere Jahre nach einander nicht möglich gewesen, keimfähigen Samen dieser Holzarten zu erhalten.

Im allgemeinen wachsen die Laubhölzer „rascher“, als die Nadelhölzer.

Für die Anlage gemischter Bestände wird die Tabelle 106 mancherlei Anhaltspunkte geben. Es ist aber nicht zu übersehen, daß die Höhenzahlen in einem milden Klima (8—9° Jahrestemperatur) bei 6—700 mm Niederschlag auf sehr fruchtbarem Lehmboden mit schwerdurchlässigem Untergrund gewonnen worden sind. Es wäre sehr erwünscht, wenn diese Zahlen durch Anbauversuche unter anderen natürlichen Bedingungen ergänzt würden.

§ 154. Die Dauer des Höhenwachstums junger Pflanzen während der Vegetationszeit.

1. Über den Verlauf des Höhenwachstums während der Vegetationsperiode sind im Versuchsgarten Großholz in den Jahren 1906—1911 Untersuchungen angestellt worden. Neben ausgewählten 7—8 Jahre alten Pflanzen wurde ein Stab mit weißgestrichener glatter Fläche eingesteckt, auf welchem jede Woche die erreichte Höhe der Pflanze durch einen Strich vorgemerkt wurde. Die Beobachtungen erstreckten sich auf mehr als 40 Holzarten, die im Versuchsgarten auf Lehm erzogen werden. Sodann wurden die Beobachtungen ausgedehnt auf Pflanzen, die auf verschiedenen Bodenarten, auf trockenem und nassem Boden, bei verschiedenem Lichtgenuß erwachsen waren. Föhren verschiedener Provenienz, sowie ausländische Holzarten wurden ebenfalls zur Untersuchung herangezogen.

Die Ergebnisse können hier nicht im einzelnen mitgeteilt, sondern müssen kurz zusammengefaßt werden.

Sie haben zunächst nur auf die hiesigen Verhältnisse (8° Jahrestemperatur, 6—700 mm Niederschlag) Geltung.

2. Der Verlauf des Wachstums während der Vegetationsperiode ist kein gleichmäßiger. Die Höhentriebe sind in den ersten Wochen klein, nehmen allmählich an Länge zu, erreichen ein Maximum, das in der Regel nur eine Woche dauert, um dann wieder zu sinken. Dieser Verlauf der Wachstumskurve erleidet Störungen durch die Witterungsverhältnisse. So ist in der Woche vom 20.—27. Mai 1911 bei allen Holzarten ein starker Rückschlag eingetreten; in der darauf folgenden Woche nahm das Höhenwachstum wieder zu. Eine Vergleichung der Temperaturtabelle zeigt ein Sinken der Temperatur und großes Schwanken der Temperaturen zu allen Tageszeiten.

3. Der Beginn des Höhenwachstums, soweit dieses eine meßbare Größe erreicht, fällt manchmal schon in die erste Aprilwoche, so bei Föhren, Weymouthskiefern, Berg- und Spitzahorn, Elzbeere, Birn- und Apfelbaum. Es tritt dann aber meistens wieder eine Stockung von 2, selbst 3 Wochen ein, so daß als Beginn des meßbaren Höhenwachstums für die meisten Holzarten etwa der 15.—20. April angesetzt werden darf.

4. Das stärkste Wachstum findet fast nur im Mai, bald in der ersten, überwiegend in der zweiten Hälfte des Mai statt. Die Witterung während der um den 20. Mai liegenden Tage ist für das Höhenwachstum der meisten Bäume entscheidend; die Witterung der ersten Juniwoche kommt kaum mehr in Betracht. Selbstverständlich dürfen keine Störungen durch Frost, Hagel, Insektenfraß etc. vorkommen.

5. Nicht so einheitlich verhalten sich die Holzarten in Bezug auf den Schluß des Höhenwachstums. Spättriebe, auch Johannistriebe

(24. Juni) genannt, die bei Eichen, auch Fichten sich einstellen, sind bei Festsetzung des Endtermins nicht berücksichtigt. Die Spättriebe entfalten sich Ende Juni oder anfangs Juli und wachsen bis in die erste Woche des August fort.

Die Endtermine des Wachstums lassen sich am besten aus der nachfolgenden Zusammenstellung (Tabelle 107) für unsere wichtigsten Holzarten ersehen. Eine Abgrenzung nach halben Monaten ist ausreichend; ein Spielraum von 1 Woche ist in Rechnung zu stellen. Die gleichzeitige Beobachtung über alle Holzarten auf Lehm fand 1907 und 1908 statt. Zur größeren Sicherheit wurden die Beobachtungen in den übrigen Jahren verglichen; die Zahlen von 1907 und 1908 stimmen jedoch sehr gut überein. Die ganz gleichen Termine — die Weißerle ausgenommen — gibt Engler für den Versuchsgarten Adlisberg an[1]).

Tabelle 107.

Der Schluss des Höhenwachstums tritt ein:

Holzart	Mai	Juni		Juli		August		September	
	2. Hälfte	1. Hälfte	2. Hälfte	1. Hälfte	2. Hälfte	1. Hälfte	2. Hälfte	1. Hälfte	2. Hälfte
Fichte			1	(1)					
Tanne			1						
Föhre			1						
Lärche						1			
Arve		1							
Weymouthskiefer .			1						
Wacholder . .								1	
Schwarzföhre . .			1						
Bergföhre . . .		1							
Eibe			1						
Ceder								1	
Japanische Lärche								1	
Douglastanne . .					1				
Thuja					1	(1)			
Wellingtonie . .						1	(1)		
Lawsons-Cypresse.								1	
Buche	1								
Stieleiche . .	1								
Traubeneiche . .	1								
Esche			1						
Bergahorn . . .		1							
Spitzahorn . . .							1		
Feldahorn . . .		1							
Ulme						1			
Hainbuche . . .				1					
Schwarzerle . .					1				
Weißerle . . .					1				
Birke						1			

[1]) Mitt. der Schweiz. V.-A. 7, 274.

Der Schluß des Höhenwachtums tritt ein:

Holzart	Mai 2. Hälfte	Juni 1. Hälfte	Juni 2. Hälfte	Juli 1. Hälfte	Juli 2. Hälfte	August 1. Hälfte	August 2. Hälfte	September 1. Hälfte	September 2. Hälfte
Kastanie . . .			1						
Aspe		1							
Sahlweide . . .		1							
Linde				1	1				
Vogelbeere . . .			1						
Mehlbeere . . .			1						
Elzbeere . . .	1								
Kirschbaum . . .				1					
Traubenkirsche .		1							
Schwarzdorn . .			1						
Weißdorn . . .	1								
Birnbaum . . .			1						
Apfelbaum . . .			1						
Hollunder . . .			1						
Pfaffenkäppchen .		1							
Traubenhollunder .			1						
Pulverholz . . .					1				
Platane								1	
Akazie							1		
Maulbeere . . .						1			
Celtis							1		

6. Die längsten Triebe in einer Woche erreichten beim Nadelholz und Laubholz 10—12 cm. Wenn das Laubholz in den ersten Jahren das Nadelholz an Höhe übertrifft, so rührt dies von der längeren Dauer des Wachstums während der Vegetationszeit her. Die Lärche verhält sich wie das Laubholz.

7. Hervorzuheben ist, daß die ausländischen Holzarten ihr Höhenwachstum erst im August und September schließen. Das häufige Erfrieren der Triebe hängt mit dem ungenügenden Verholzen derselben bis zum Eintritt der Winterkälte zusammen.

8. Für die einen Holzarten ist also die Witterung des Mai, für andere auch die des Juni und Juli, für wieder andere die des August und September von Bedeutung. Das gegenseitige Verhältnis der Holzarten im gemischten Bestande ist also vom Verlauf der Sommerwitterung (Temperatur und Niederschlag) abhängig. So erklärt sich die Wahrnehmung, daß plötzlich eine Holzart über die anderen hervorragt, die vorher kaum in die Augen gefallen ist; oder daß plötzlich das Gestrüpp und Weichholz die Oberherrschaft erlangen kann.

Noch auf andere Punkte werfen diese Untersuchungen einiges Licht.

9. In jedem Beete befanden sich große, mittlere und kleine Pflanzen. Der Schluß des Wachstums tritt manchmal bei allen Größenklassen gleichzeitig, in zahlreichen Fällen aber um so früher ein, je kleiner die Pflanzen sind; die Unterschiede betragen 1—2, auch 3 Wochen.

10. Der Schluß des Höhenwachstums tritt auf der einen Bodenart früher ein, als auf einer anderen. Die Unterschiede betragen bis zu 4, selbst 5 Wochen. Auf weißem Jura Epsilon und auf rotem Knollenmergel schließt der Bergahorn 4 Wochen früher als auf Granit, Buntsand oder buntem Mergel. Die Lärche schließt auf Granit 6 Wochen bälder, als auf Muschelkalk und buntem Mergel. Auf Sand schließen die meisten Holzarten 4—6 Wochen früher, als auf Lehm; auf Ton ist das Verhalten verschieden, bald nähert es sich mehr demjenigen auf Lehm, bald demjenigen auf Sand.

Die Unterschiede je nach der Höhe des Grundwasserstandes sind nicht bedeutend; es dürfte daher die Bodenwärme die Unterschiede im Knospenschluß hervorrufen.

11. Föhren verschiedener Provenienz zeigen Unterschiede von 1—2 Wochen. Aus Frankreich, Tirol und Ungarn stammender Same liefert Pflanzen, die 1—3 Wochen früher schließen, als solcher aus Hessen oder der Pfalz.

Engler[1]) beobachtete ebenfalls Unterschiede von 2—3 Wochen bei Föhren verschiedener Herkunft; je nördlicher und je höher ihr Standort war, um so früher hört das Höhenwachstum auf.

12. Unter dem lichten oder dichteren Schluß von Buchen oder bei seitlicher Beschattung tritt eine wesentliche Veränderung nicht ein; Birke und Schwarzerle scheinen das Höhenwachstum im dichten Schluß etwa 1—2 Wochen früher zu beendigen.

13. Das Wachstum der Holzarten im gemischten Bestande ist auf verschiedenen Bodenarten nicht gleich. Teilweise mögen die Unterschiede mit der Dauer des Höhenwachstums zusammenhängen. Weitere Beobachtungen und Untersuchungen müssen zur Klärung dieses Punktes angestellt werden.

§ 155. Die jährlichen Höhentriebe.

1. Die Tabelle 114 (§ 157) enthält den „laufenden Höhenwuchs“, wie er sich aus der Höhenkurve der Tabelle 111 (§ 156) durch Differenzbildung ergibt. Beträgt die Höhe eines Bestandes im 60. Jahr 26.9 m, im 65. Jahr 28.3 m, so berechnet sich aus $\frac{1.4}{5}$ ein durchschnittlicher jährlicher Höhenzuwachs von 28 cm. Ein Blick auf unsere jüngeren

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 10, 337.

und älteren Bestände zeigt, daß die Länge der einzelnen Jahrestriebe bei derselben Pflanze ganz verschieden ist.

Bei Vermessung der Probestämme wird vielfach nur der während der letzten 5 Jahre erfolgte Höhenzuwachs im ganzen ermittelt; man erhält dadurch die Höhe des Bestandes für das gegenwärtige Alter und für das Alter vor 5 Jahren. Erst die Messung der einzelnen, jährlich erfolgten Höhentriebe gibt aber einen Einblick in den Gang des Höhenwachstums. Wird diese Messung bis zur Jugendperiode fortgesetzt, so läßt sich für jeden Probestamm und jeden Bestand das Höhenwachstum während der einzelnen Jahre nachweisen. Aber nur bei den Nadelhölzern können die jährlichen Höhentriebe mit einiger Sicherheit erkannt werden; auch bei diesen wird die Grenze jedoch unsicher, sobald Wachstumsstörungen vorgekommen sind. Bei Laubhölzern lassen sich die einzelnen Höhentriebe selten mehr als 15 Jahre zurück genau ermitteln. Dieses gewaltige Material von Einzelerhebungen harrt noch der Durcharbeitung.

Gerade in waldbaulicher Beziehung sind die Triebe einzelner Jahre und einzelner Bäume neben den Durchschnittswerten von hoher Bedeutung. Vom Verhältnis der jährlichen Höhentriebe hängt das Verbleiben eines Baumes in der herrschenden Klasse, die Stellung einzelner Bäume im gemischten Bestande etc. ab.

Eine Auswahl von Beständen, sowie Messungen im Versuchsgarten werden zeigen, daß das jährliche Höhenwachstum eine sehr wechselnde Größe und daß die Auffindung der Ursachen keineswegs einfach ist.

2. Im Versuchsgarten Großholz sind unter ganz gleichen Verhältnissen (Klima, Boden; ebene Lage) bei durchweg gleich alten, aus Saat hervorgegangenen Pflanzen Messungen vorgenommen worden. Ausgewählt wurde je eine der höchsten Pflanzen, um die zufälligen Einwirkungen der Nachbarpflanze auszuschließen und die Vergleichbarkeit der Holzarten unter sich zu gewährleisten. Welche Unterschiede bei ein und derselben Pflanze vorkommen, ist in Tabelle 108 nachgewiesen.

Tabelle 108.

Länge einzelner Jahrestriebe von 10 jährigen Pflanzen.

Versuchsgarten Großholz.

	1909	1910	1911	1912	1913
		cm			
Fichte	14	14	21	15	22
Tanne	16	23	21	11	10
Föhre	32	41	45	39	44
Lärche	41	48	52	46	52
Schwarzföhre	38	47	56	45	44
Bergföhre	17	18	26	16	24
Arve	4	5	11	10	20

Länge einzelner Jahrestriebe von 10 jährigen Pflanzen.

Versuchsgarten Großholz.

	1909	1910	1911	1912	1913
		cm			
Buche	21	24	38	34	41
Eiche	45	38	43	53	70
Esche	38	29	56	47	38
Bergahorn	36	49	62	50	34
Ulme	48	32	39	57	52
Birke	25	68	66	52	70
Schwarzerle	42	39	37	45	31
Weißerle	70	68	66	45	56
Linde, kleinbl.	35	47	45	39	31

Die großen Schwankungen der Länge der Höhentriebe von Jahr zu Jahr fallen deutlich in die Augen; um 20—30, selbst 40—50 % sind die Triebe aufeinander folgender Jahre verschieden. Da alle Verhältnisse (Boden, ebene Lage) sonst gleich sind, kann der Unterschied nur durch klimatische Einflüsse hervorgerufen sein. Im Jahr 1912 haben fast alle Holzarten kurze Triebe gebildet, während im Jahre vorher die meisten Holzarten durch besonders lange Triebe sich auszeichnen. Die Nadelhölzer stimmen im Gang des Höhenwachstums sehr nahe überein, von den Laubhölzern kommt nur Buche, Bergahorn und Birke ihnen nahe. Im Jahre 1912, das ein fast allgemeines Sinken des Wachstums zeigt, haben Eiche und Schwarzerle ihre höchste Leistung erzielt. Im Jahre 1913 steigt bei den meisten Holzarten die Länge des Triebes; dagegen sinkt sie bei Bergahorn, Esche, Schwarzerle, auch Ulme und Tanne unter die Länge von 1912.

Wären die Holzarten in Mischung angezogen worden, so würde das Verhältnis der Höhen in jedem Jahre ein anderes gewesen sein. Zunächst ersieht man aus diesen Zahlen nur, wie verwickelt die Höhenwachstumsverhältnisse in einem gemischten Bestande sich gestalten müssen. Einige Beispiele sollen dies zeigen.

3. In einem 110 jährigen, aus Fichte, Tanne, Föhre, Buche gemischten Bestande, Abteilung Vogelsang, im Württembergischen Bezirk Weißenau am Bodensee, wurden folgende Höhentriebe gemessen:

Tabelle 109a.

Durchschnitt von 7	Fichte Stämmen	Tanne 4 St.	Föhre 1 St.	Buche 1 St.
	cm	cm	cm	cm
1904.	10	19	10	21
1903.	11	14	10	19
1902.	10	21	12	16
1901.	14	17	16	25
1900.	15	20	10	19
Mittel	12 (100)	18 (150)	12 (100)	20 (167)

Die Unterschiede steigen auf 50—70 % bei ganz gleichen Wachstumsverhältnissen.

Je einer der stärksten und höchsten Stämme jeder Holzart zeigt (im Gegensatz zu den Durchschnittswerten) folgende Höhentriebe:

Tabelle 109b.

	Fichte cm	Tanne cm	Föhre cm	Buche cm
1904.	10	18	12	21
1903.	14	6	11	21
1902.	13	12	10	11
1901.	13	12	11	22
1900.	8	19	9	3
1899.	14	—	9	21
1898.	18	—	12	26

Im Jahre 1900 sind die Höhentriebe bei Fichte, Föhre, Buche sehr kurz, bei der Tanne umgekehrt sehr lang.

Die Jahreswitterung wirkt bei verschiedenen Holzarten ungleichmäßig auf das Höhenwachstum ein.

4. Die Höhenwachstumsverhältnisse in einem gemischten Laubholzbestande zeigt der Bestand Schenkenwald im Württ. Bezirk Baindt (ebenfalls in der Nähe des Bodensees).

120 jähriger gemischter Laubholzbestand. Je 1 Stamm.

Tabelle 110.

Höhentriebe cm

	Buche	Esche	Eiche	Hainbuche	Erle	Linde
1905. . . .	10	9	1	7	20	9
1904. . . .	10	12	30	9	11	8
1903. . . .	10	14	5	6	11	8
1902. . . .	2	7	19	5	9	9
1901. . . .	13	12	5	2	10	12
1900. . . .	17	15	2	2	—	13
1899. . . .	13	19	4	2	—	7
1898. . . .	20	17	—	2	—	12
1897. . . .	16	12	—	—	—	9
1896. . . .	23	14	—	—	—	16

Der längste Trieb erfolgte bei der Buche und Linde 1896, Esche 1899, Eiche, Hainbuche 1904, Erle 1905.

5. Auf die Bedeutung dieser Höhenwachstumsverhältnisse, namentlich für das Studium des Wachstums in gemischten Beständen, ist schon mehrfach hingewiesen worden.

Sie werden bei der Untersuchung des Einflusses verschiedener Pflanzweiten, schwächerer oder stärkerer Durchforstungen, der Lichtungshiebe, der Vergleichung von Hoch-, Mittel- und Plenterwaldbeständen ebenfalls mit Vorteil herangezogen werden können.

§ 156. Das Höhenwachstum im geschlossenen Bestande vom 20. bis 120. Jahre.

1. Bei der Aufnahme von Versuchsflächen werden Probestämme nach dem Urichschen oder einem ähnlichen Verfahren im Bestande ausgewählt und in der Regel liegend vermessen. Das arithmetische Mittel der Höhen dieser Probestämme wird in den meisten Ertragstafeln als die mittlere Bestandeshöhe eingesetzt. Die Berechnung der Bestandeshöhe unter Berücksichtigung der Kreisflächen[1]) führt zu einem nicht wesentlich verschiedenen Resultat, so daß für waldbauliche Zwecke beide Zahlen als gleichwertig betrachtet werden können. Diese Zahlen über die mittlere Bestandeshöhe werden in den Ertragstafeln bei allen Altersstufen beigefügt, so daß aus ihnen ein Bild des Höhenwachstums entworfen werden kann.

Über diese Mittelwerte ganzer Bestände gehen die Höhen einzelner Bäume in denselben Beständen hinaus. Im allgemeinen kann man die Höhen der höchsten Klassen in 20—50 jährigen Beständen 30—50 %, in älteren 10—20 % über die durchschnittliche Höhe ansetzen.

Die höchsten Bäume erreichen in Mitteleuropa bei Nadelholz 50—55, bei Laubholz 40—45 m.

2. Tabelle 111 gibt die mittlere Bestandeshöhe für diejenigen Holzarten an, deren Wachstum untersucht wurde: Fichte, Tanne, Föhre; Buche, Eiche, Birke, Schwarzerle.

In der Regel sind 5 Bonitäten ausgeschieden. Für waldbauliche Aufgaben sind die geringeren Bonitäten von derselben Bedeutung, wie die besseren. Es sind deshalb die Angaben auch für IV. und V. Bonität aufgenommen, obwohl die Zahlen für die letzteren wegen der kleineren Anzahl von Versuchsflächen geringere Sicherheit haben.

In den Ertragstafeln sind manchmal auch Höhenangaben für 5-, 10-, 15 jährige Bestände enthalten. Da die Versuchsflächen meistens erst in 20 jährigen Beständen angelegt werden, so müssen die Höhen für die jüngeren Altersstufen durch Interpolation bestimmt werden. Hieraus erklären sich die Abweichungen von den Angaben in § 154.

Alle Zahlen über die Bestandeshöhen entstammen aus geschlossen erwachsenen Beständen. Für die unregelmäßigen, sowie die licht erwachsenen Bestände (Lichtwuchsbetrieb, Mittelwald, Plenterwald) stehen nur ganz wenige Messungen zu Gebot. Ebenso sind noch nicht genügende Anhaltspunkte für verschiedene Durchforstungsgrade, für Saat oder Pflanzung, für verschiedene Pflanzweiten etc. vorhanden.

---

[1]) Nach der Formel $H = \frac{g_1 h_1 + \cdots g_n h_n}{G}$. — Flury hat beide Zahlen nebeneinander aufgeführt; der Unterschied bewegt sich zwischen 0,2—1,0 m. Mitt. d. Schweiz. V.-A. 9,36.

Tabelle 111.

Höhenwachstum.

Mittlere Bestandeshöhe m.

Fichte.

Bonität Alter	20	40	60	80	100	120 Jahre
			Preußen 1902.			
I	6,8	16,6	24,7	29,7	33,3	35,9
II	—	12,8	20,5	25,6	29,3	32,1
III	—	9,3	16,2	21,2	25,0	28,2
IV	—	6,9	12,7	17,3	21,0	24,0
V	—	4,5	9,3	13,8	17,2	—
	(30)		Braunschweig 1912.			
I	12,2	17,5	25,2	30,3	34,0	36,3
II	9,5	14,0	21,2	26,3	29,9	32,3
III	7,2	11,0	17,4	22,3	25,9	28,3
IV	5,4	8,4	13,8	18,3	21,9	24,3
V	3,9	6,2	10,3	14,3	17,9	20,3
			Sachsen 1878.			
I	6,2	14,9	22,0	26,6	30,8	34,5
II	4,5	12,0	19,0	23,5	27,4	31,0
III	3,7	9,2	16,0	20,2	23,7	26,7
IV	2,9	7,1	12,3	16,5	19,4	21.5
			Schweiz 1907. Hügelland.			
I	8,6	19,5	26,9	31,7	35,0	—
II	7,7	17,3	24,3	29,1	32,5	—
III	6,8	15,2	21,9	26,7	30,2	—
IV	6,0	13,2	19,7	24,5	28,1	—
V	5,4	11,6	17,5	22,5	26,1	—
			Schweiz 1907. Gebirge.			
I	7,0	16,7	24,2	30,2	34,5	36,5
II	5,4	13,9	20,4	25,8	29,8	31,7
III	4,0	11,3	17,1	21,7	25,4	27,2
IV	2,8	8,9	14,1	18,1	21,3	23,0
V	1,8	6,7	11,2	14,7	17,5	19,0

Tanne.

Bonität Alter	20	40	60	80	100	120 Jahre
			Württemberg 1897.			
I	2,8	9,2	17,9	25,0	30,0	33,3
II	2,1	7,4	14,6	21,3	26,5	29,8
III	1,6	5,9	12,2	18,3	23,0	26,5
IV	1,2	4,8	10,2	15,5	20,0	23,1
			Baden 1902.			
I	2,5	13,3	22,9	28,4	31,8	34,0
II	1,9	10,6	19,0	24,1	27,4	29,5
III	1,4	8,0	15,7	20,4	23,5	25,5
IV	0,9	5,4	11,9	16,5	19,4	21,5
V	0,3	2,9	8,1	12,5	15,2	17,2

Höhenwachstum.

Mittlere Bestandeshöhe m.

Führe.

Bonität Alter	20	40	60	80	100	120 Jahre
			Norddeutsche Tiefebene 1896.			
I	8,9	16,9	22,3	26,1	29,0	31,3
II	7,6	14,3	19,3	22,9	25,7	27,9
III	5,3	11,7	15,9	19,2	21,9	24,1
IV	—	9,1	12,9	15,5	17,9	20,0
V	—	6,4	9,2	11,6	13,5	—
			Sachsen 1884.			
I	7,3	17,6	22,1	25,0	27,1	29,1
II	5,7	14,2	18,5	21,1	23,0	24,7
III	4,5	11,1	15,0	17,2	18,9	20,3
IV	3,4	8,2	11,5	13,3	14,8	—
V	2,5	5,7	8,0	9,5	10,7	—
			Hessen 1886. Rhein-Main-Ebene.			
I	6,9	15,4	20,8	24,4	26,1	26,6
II	5,0	11,9	16,4	19,6	21,0	—
III	3,2	9,1	13,0	15,2	—	—
IV	2,4	6,6	9,7	—	—	—
			Hessen 1886. Buntsandstein-Gebiet.			
I	6,2	14,4	18,9	21,7	23,3	23,8
II	4,5	11,3	15,4	17,9	18,8	—
III	3,1	8,8	12,5	14,2	—	—
IV	2,1	6,8	10,0	—	—	—

Buche.

Bonität Alter	20	40	60	80	100	120 Jahre
			Preußen 1911. Gewöhnlicher Schluß.			
	(30)					
I	10,6	14,8	22,2	27,7	32,0	35,4
II	8,6	12,4	18,9	23,9	27,8	30,8
III	6,5	9,9	15,5	19,9	23,5	26,3
IV	4,6	7,4	12,2	16,0	19,2	21,8
V	2,7	4,9	8,7	12,0	14,9	17,3
	(30)		Braunschweig 1904.			
I	10,6	14,9	22,3	27,7	32,0	35,2
II	9,2	13,0	19,6	24,5	28,5	31,6
III	7,7	11,0	16,9	21,3	25,0	27,8
IV	6,3	9,1	14,0	18,0	21,5	24,2
V	4,8	7,1	11,3	14,8	18,0	20,5
			Hessen 1893. Oberhessen.			
I	5,3	14,9	23,5	29,7	34,5	37,6
II	4,6	12,8	20,2	25,6	29,7	32,4
III	4,0	10,6	16,8	21,5	24,9	27,4
IV	3,3	8,5	13,5	17,2	20,1	22,3
V	2,5	6,4	10,2	13,1	15,2	17,0

Höhenwachstum.

Mittlere Bestandeshöhe m.

Buche.

Baden 1894.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	7,3	15,5	21,5	25,9	29,4	32,0
II	6,0	13,5	19,1	23,1	26,2	28,5
III	4,8	11,6	16,7	20,3	23,1	25,1
IV	3,8	9,7	14,3	17,5	19,9	21,7
V	2,7	7,7	11,9	14,6	16,7	18,4

Schweiz 1907.

I	6,4	15,5	22,9	28,6	31,7	33,6
II	5,6	13,7	20,7	26,2	29,2	31,0
III	4,9	11,9	18,5	23,8	26,7	28,4
IV	4,1	10,1	16,3	21,4	24,2	25,8
V	3,4	8,4	14,2	19,0	21,7	23,2

Sihlwald 1883.

I	6,8	16,6	23,8	29,3	33,5	—
II	6,0	15,1	22,0	27,5	31,6	—
III	5,4	13,8	20,3	25,7	29,7	—
IV	4,7	12,4	18,7	23,9	27,8	—

Eiche.

Preußen 1905.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120	140 Jahre
I	7,5	14,7	20,3	24,1	26,6	28,6	30,2
II	—	10,5	15,5	19,5	22,2	24,2	25,9
III	—	7,0	11,0	14,7	17,4	19,5	21,3

Hessen 1900.

I	9,3	18,3	24,2	28,1	30,9	32,9	34,4
II	7,5	14,9	20,3	24,1	26,9	29,2	30,9
III	5,4	11,2	16,2	19,9	22,8	25,2	27,1
IV	3,8	8,0	12,0	15,4	18,3	20,7	22,7

Schwarzerle.

Preußen 1902.

Bonität	Alter 20	40	60	80 Jahre
I	14,5	20,9	24,1	25,5
II	11,2	17,1	20,0	21,3
III	8,9	13,6	16,0	—

Birke.

Preußen 1903.

	(30)			
I	14,9	18,3	23,0	26,0
II	11,3	14,1	18,3	20,9

3. Die Reihenfolge der Holzarten nach dem Höhenwachstum im 80.—120. Jahre bleibt von der I. bis zur IV. Bonität gleich: Fichte, Tanne, Buche, Föhre, Eiche.

Auf I. Bonität stufen sich die Höhen in folgender Weise ab, wenn je ein mittlerer Betrag eingesetzt wird:

Mittlere Bestandeshöhe im 100. Jahre.

Fichte	33 m	100	—
Tanne.	32 „	97	—
Buche.	32 „	97	100
Föhre	29 „	88	91
Eiche	29 „	88	91

Die Unterschiede zwischen Fichte, Tanne und Buche betragen nur 3% ; dagegen bleiben Föhre und Eiche um 12 % hinter der Fichte und 9% hinter der Buche zurück. Die einzelnen Holzarten sind allerdings nicht auf demselben Standort unmittelbar nebeneinander erwachsen. Bei der Vergleichung der Bonitäten muß also ein gewisser Vorbehalt gemacht werden.

In früherenAltersperioden ist die Reihenfolge der Holzarten folgende:

im 30. Jahr

I. Bonität	II.—V. Bonität
Föhre	Föhre
Eiche	Buche
Fichte	Eiche
Buche	Fichte
Tanne	Tanne.

Die Reihenfolge ist in der Jugend eine andere als im höheren Alter. Föhre und Eiche stehen im 30. Jahr allen voran, im Alter umgekehrt allen nach.

Es ist aber hiebei zu beachten, daß diese Höhenverhältnisse aus großen Durchschnitten abgeleitet sind. Im einzelnen Bestande können Abweichungen vorhanden sein; sogar innerhalb desselben Bestandes kann bald die Eiche, bald die Buche vorwüchsig sein, da die Bodenverhältnisse auf einer Fläche von 1 ha schon mehrmals wechseln können.

Aus den nicht sehr bedeutenden Höhenunterschieden unter den Hauptholzarten an sich, aus den Bodenverhältnissen, endlich aus den Wachstumsstörungen erklären sich die scheinbar sich widersprechenden Ansichten über das Höhenverhältnis der verschiedenen Holzarten. Am meisten ist dies der Fall bei der Mischung von Eiche und Buche. Die Buche ist im Spessart fast durchweg vorwüchsig, im daneben liegenden Hahnenkamm nur gleichwüchsig.[1]) Im Schönbuch bei Tübingen dagegen ist auf allen Standorten die Eiche vorwüchsig[2]).

---

[1]) Fürst, Waldgn. d. Umgebg. v. Aschaffenburg, 1884, S. 25, 33.

[2]) Münst, K., Führer zu den Waldbesuchen im Forstbez. Entringen, 1912, S. 10.

Nach den Ertragstafeln ist die Eiche nur auf I. und teilweise auch II. Bonität ungefähr bis zum 30. Jahre höher als die Buche; im späteren Alter ist umgekehrt die Buche höher als die Eiche. Auf der III. Bonität bleibt die Eiche von Jugend an hinter der Buche zurück.

4. Die geographischen Unterschiede des Höhenwachstums werden durch die folgende Gegenüberstellung dargestellt.

Fichte			Föhre			Buche		
			I. Bonität. 100 Jahre.					
	m			m			m	
Schweiz			Norddeutsche			Oberhessen . .	34,5	(100)
Hügelland .	35	(100)	Tiefebene . .	29	(100)	Sihlwald-Zürich	33,5	(97)
Gebirge . .	34,5	(99)	Sachsen	27	(95)	Braunschweig .	32	(93)
Braunschweig	34	(97)	Hessen, Rhein-			Schweiz	32	(93)
Württemberg	33	(94)	Mainebene .	26	(90)	Preußen	32	(93)
Preußen . . .	33	(94)	Hessen, Bunt-			Württemberg .	30	(87)
Sachsen . . .	31	(89)	sandgebiet .	23	(79)	Baden	29	(84)

Die Tanne in Baden ist bis zum 70. und 80. Jahre um 3—4, auch 5 m, vom 80.—100. Jahr um 2 m höher, als die Tanne in Württemberg.

Die Eichenbestände Hessens übertreffen diejenigen von Preußen in allen Altersklassen und auf allen Bonitäten um 4—5 m.

5. Mit dem Alter nimmt die Bestandeshöhe allgemein zu, da jedes Jahr ein Höhentrieb, manchmal allerdings nur ein solcher von wenigen Zentimetern erfolgt. Da aus dem Bestande die niedrigeren Bäume allmählich ausscheiden, muß sich nach der Durchforstung stets eine etwas größere Höhe des Bestandes berechnen. Das Ansteigen der Bestandeshöhe in der Tabelle ist also zum Teil auf diese rein rechnerische Differenz zurückzuführen[1]). Mit dieser Einschränkung sind die Höhenangaben der Tabelle für waldbauliche Zwecke anwendbar. Wo die Durchforstungen schwach gegriffen werden, berechnen sich geringere Bestandeshöhen, als bei stärkeren Durchforstungen. Beim Durchwandern solcher Bestände wird auch das Auge denselben Eindruck vermitteln. Einige Beispiele sollen die Tragweite dieses Umstandes zeigen. (Ob etwa der stärkere Durchforstungsgrad selbst eine Steigerung des Höhenwachstums verursacht hat, muß hier unerörtert bleiben.)

Württ. Forstbezirk Schrezheim. Abt. Vorderfeld. 38jähr. Fichten-Pflanz.

Durchforstungsgrad	Mittlere Bestandeshöhe	
A-Grad	10,9 m	Durch die unterdrückten Stämme ist die Bestandeshöhe erniedrigt.
B „	13,7 „	Unbedeutende Differenz.
C „	13,6 „	
D „	12,0 „	Herrschende und mitherrschende wurden entnommen.

[1]) Vergl. Flury a. a. O. 9, 227.

62 jährige Fichten. Pflanz. Forstbezirk Weingarten. Abt. Postwies.

Durchforstungsgrad	Mittlere Bestandeshöhe	
B-Grad	27,2 m	Unterschied 1,3 m.
C „	28,5 „	

79 j. Buchen. Nat. Verj. Forstbezirk Königsbronn. Abt. Siebenter Fuß.

A-Grad	17,3 m	Unterschied 2,1 und 1,3 m, zwischen A- und C-Grad; 3,4 m innerhalb desselben Bestandes.
B „	19,4 „	
C „	20,7 „	

Die Zunahme der Höhe erfolgt bei den einzelnen Holzarten ziemlich gleichmäßig. Die Nachweise können daher eingeschränkt werden.

Die Zunahme der Höhe bis zum 100. Jahr ist in Tabelle 112 prozentisch berechnet. Die Höhe im 20. bezw. 30. Jahre ist je = 100 gesetzt.

Tabelle 112.

Zunahme der Höhe mit dem Alter; bis zum 100. Jahre.

	Bonität	I	II	III	IV	V
Fichte	Preußen	287	353	439	500	349
„	Sachsen	497	609	641	669	—
„	Schweiz, Hügelland . .	407	422	444	468	483
„	„ Gebirge . . .	493	552	635	761	972
Tanne	Baden	1272	1442	1679	2156	5067
„	Württemberg	1071	1262	1438	1667	—
Föhre	Nordd. Tiefebene . . .	326	338	413	271	300
Buche	Braunschweig	302	310	325	341	375
„	Baden	403	437	481	524	619
„	Schweiz.	495	521	545	590	638
Eiche	Preußen	238	288	363	—	—
„	Hessen	332	359	422	482	—

Das langsame Wachstum der Tanne in der Jugend ist deutlich ausgesprochen.

Im allgemeinen steigt die Bestandeshöhe vom 20. bis zum 100. Jahr auf das 3—6 fache an. Die höheren Relativzahlen der geringeren Bonitäten rühren vom langsamen Jugendwachstum auf letzteren her.

6. Die Höhenunterschiede der einzelnen Bonitäten betragen für das 80.—100. Jahr bei

Fichte je . . . 4 m (Schweiz, Hügelland 2 m)
Tanne je . . . . 4 „
Föhre je . . . . 4 „
Buche je. . . . 3—4 m (Schweiz 2,5; Sihlwald 2 m)
Eiche je . . . . 4 m.

Diese Unterschiede sind meistens so groß, daß sie deutlich ins Auge fallen. Konkrete Bestände lassen ohne große Schwierigkeit sich auf Grund der Schätzung in die einzelnen Bonitäten einreihen. Die prozentischen Unterschiede sind in Tabelle 113 berechnet.

Tabelle 113.

Höhenwachstum nach Bonitäten. I. Bonität = 100.

Fichte. Preußen.

Bonität Alter	40	60	80	100 Jahre
I	100	100	100	100
II	77	83	86	88
III	56	66	71	75
IV	42	51	58	63
V	27	38	47	52

Fichte. Sachsen.

I	100	100	100	100
II	81	86	88	89
III	62	73	76	77
IV	48	56	62	63

Fichte. Schweiz, Hügelland.

I	100	100	100	100
II	89	90	92	93
III	78	81	84	86
IV	68	73	77	80
V	60	65	71	75

Fichte. Schweiz, Gebirge.

I	100	100	100	100
II	83	84	85	86
III	68	71	72	74
IV	53	58	60	62
V	40	46	49	51

Tanne. Baden.

I	100	100	100	100
II	80	83	85	86
III	60	69	72	74
IV	41	52	58	61
V	22	35	44	48

Tanne. Württemberg.

I	100	100	100	100
II	80	82	85	90
III	64	68	73	77
IV	52	57	62	67

Föhre. Norddeutsche Tiefebene.

I	100	100	100	100
II	85	87	88	89
III	69	71	74	76
IV	54	58	59	62
V	38	41	44	47

Höhenwachstum nach Bonitäten. I. Bonität = 100.

Föhre. Sachsen.

Bonität	Alter 40	60	80	100 Jahre
I	100	100	100	100
II	81	84	84	85
III	63	68	69	70
IV	47	52	53	55
V	32	36	38	40

Buche. Preußen. Gewöhnl. Schluß.

I	100	100	100	100
II	84	85	86	87
III	67	70	72	73
IV	50	55	58	60
V	33	39	43	47

Buche. Baden.

I	100	100	100	100
II	87	89	89	89
III	75	78	78	79
IV	63	67	68	68
V	50	55	56	57

Buche. Schweiz.

I	100	100	100	100
II	88	90	92	92
III	77	81	83	84
IV	65	71	75	76
V	54	62	66	69

Eiche. Preußen.

I	100	100	100	100	100
II	71	76	81	84	85
III	48	54	61	65	68

Eiche. Hessen.

I	100	100	100	100	100
II	81	84	86	87	89
III	61	67	71	74	77
IV	44	50	55	59	63

Im 100. Jahre sind die Unterschiede der Bonitäten geringer (I. 100, V. 50—60) als im 40. Jahre (I. 100, V. 30—40). Die Abstufungen sind nicht sehr regelmäßig innerhalb der Holzarten. Ganz allgemein läßt sich der Abstand ausdrücken durch die Verhältniszahlen 100: 80—90: 70—80: 60—70: 40—50.

Die geographischen Unterschiede sind bei der Fichte der Schweiz deutlich ausgeprägt. Die V. Bonität des Hügellandes kommt der III. des Gebirges und der III. Preußens gleich.

Die geringen Bonitäten, wie sie in Deutschland vorkommen, sind n der Schweiz nur im Hochgebirge zu treffen. Im Hügellande sind eigentlich nur 3 Bonitäten vorhanden; die Ausscheidung von 5 Bonitäten hat geringere Abstände der Bonitäten zur Folge.

§ 157. Die Altersperiode des größten Höhenwachstums im geschlossenen Bestande.

1. Auf Tabelle 111 beruht Tabelle 114. Aus den Zahlen für die Bestandeshöhen läßt sich der fünfjährige Unterschied berechnen. Aus diesem ergibt sich der in 5 Jahren durchschnittlich erfolgte Höhenzuwachs; letzterer wird dann als der Höhenzuwachs eines Jahres betrachtet und in der Spalte des 20., 25. Jahres eingeschrieben. Im Gegensatz zum durchschnittlichen Höhenzuwachs $= \frac{\text{Bestandeshöhe}}{\text{Alter}}$ bezeichnet man diesen im Laufe eines Jahres erfolgten Zuwachs als „laufenden" Zuwachs.

2. Wie die Bestandeshöhe, so sinkt auch der laufende Zuwachs mit der Bonität. Im Durchschnitt ist der Unterschied nach Bonitäten sehr gering, er beträgt nur 2—6 cm.

Viel bedeutender ist der Unterschied in den verschiedenen Altersstufen. Vom 15. Jahre an — Zahlen für jüngere Bestände sind interpoliert — steigt der jährliche Höhenzuwachs eines Bestandes bis zu einem gewissen Maximum, um dann wieder zu fallen. Im 100. Jahre beträgt er etwa 10—15 cm, nur selten unter 10 cm.

Zur Zeit der Kulmination erreicht er 50—60, sogar 66 cm (Tanne in Baden) auf I. Bonität. Im großen Durchschnitt kann man das höchste Bestandeswachstum auf I. Bonität zu 50, auf II. zu 40, auf III. zu 35 cm, auf IV. zu 30, auf V. zu 25 cm ansetzen.

3. Wichtiger ist die Zeit der Kulmination, die mit dem Sinken der Bonität sich weiter hinausschiebt. Auf I. Bonität tritt die Kulmination im 20., auf II. im 25.—30., auf III. im 40., auf IV. und V. im 40. und 50. Jahre ein. Sie wird also auf der nächstfolgenden geringeren Bonität um je 10 Jahre hinausgerückt.

Hervorzuheben ist, daß auf I. Bonität — die Tanne ausgenommen — die Kulmination vielfach schon vor dem 30., ja 25. Jahre eintritt und daß sie höchstens bis zum 50. sich hinausschiebt. Da die Durchforstungen höchst selten vor dem 20., meist erst im 20.—30. Jahre beginnen, so haben die Bestände das Maximum des laufenden Höhenzuwachses schon erreicht, bevor ein Eingriff in die Bestände erfolgt.

Von der Zeit der Kulmination (im 20. bis 30. Jahr) findet anfangs bis zum 50. und 60. Jahr ein rasches, dann ein langsames Fallen statt. Am stärksten tritt das Sinken des Höhenwachstums bei der Föhre (auch bei der Eiche) hervor. Während die Föhre im 20.—30. Jahre alle Holzarten überragt, bleibt sie schon im 30.—40. Jahr hinter den anderen

im Höhenwachstum zurück. Tanne und Fichte stehen vom 50.—60. Jahr über den anderen Holzarten, so daß sie in alten Beständen Buche, Eiche und Föhre an Höhe weit übertreffen.

4. In Tabelle 114 ist der Höhenzuwachs näher nachgewiesen, soweit er in den Ertragstafeln berechnet ist. Von den meisten Ländern fehlen diese Angaben. Die geringeren Bonitäten sind aufgenommen, weil gerade in diesen die Vergleichung der Holzarten praktisch (bei Mischungen) öfters vorgenommen werden muß.

Tabelle 114.

Laufender Zuwachs der Höhe in cm.

Fichte.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
			Preußen 1902.			
I	34	50	32	22	16	10
II	—	44	34	22	16	12
III	—	38	30	22	18	14
IV	—	28	28	20	18	14
V	—	11	26	20	14	—
			Sachsen 1878.			
I	36	44	28	22	20	18
II	26	42	28	20	18	18
III	20	32	32	18	16	14
IV	16	24	26	18	12	10
			Schweiz 1907. Hügelland.			
I	64	51	36	28	—	—
II	56	45	31	24	—	—
III	48	40	27	20	—	—
IV	43	34	23	17	—	—
V	37	28	20	15	—	—
			Schweiz 1907. Gebirge.			
I	53	45	36	28	20	13
II	43	39	31	24	18	11
III	35	34	28	21	15	09
IV	30	29	23	18	13	07
V	25	25	20	16	11	05

Tanne.

Württemberg 1897.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	22	38	42	34	20	14
II	16	32	36	30	22	14
III	12	26	32	30	20	14
IV	10	22	28	26	20	14

Laufender Zuwachs der Höhe in cm.

Tanne.

Baden 1902.

Bonität	Alter (25) 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	40	66	38	22	14	10
II	27	56	34	20	12	10
III	20	44	30	20	12	08
IV	12	30	28	20	12	10
V	08	20	26	18	12	10

Föhre.

Norddeutsche Tiefebene 1896.

I	48	32	23	16	13	10
II	43	29	21	16	12	09
III	38	25	18	15	12	10
IV	—	23	15	12	12	09
V	—	17	12	11	08	—

Sachsen 1884.

I	46	40	18	12	10	10
II	32	40	16	10	08	08
III	26	32	14	10	08	06
IV	20	24	12	08	06	—
V	14	16	10	06	06	—

Hessen 1886. Rhein-Main-Ebene.

I	48	36	21	12	06	02
II	43	30	17	12	04	—
III	27	26	15	05	—	—
IV	20	20	10	—	—	—

Hessen 1886. Buntsandstein-Gebiet.

I	50	30	16	11	04	02
II	45	25	15	10	03	—
III	21	25	13	05	—	—
IV	20	23	08	—	—	—

Buche.

Preußen 1893.

I	42	37	31	23	16	11
II	—	35	28	22	15	11
III	—	31	25	21	15	10
IV	—	27	23	16	13	09
V	—	25	17	12	08	06

Schweiz 1907.

I	51	46	36	25	19	15
II	44	42	33	22	16	12
III	38	38	31	19	13	09
IV	32	34	29	17	10	07
V	26	30	27	15	08	05

Laufender Zuwachs der Höhe in cm.

Buche.

Sihlwald 1883.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	65	40	35	23	10	—
II	50	40	30	25	15	—
III	44	38	30	24	15	—
IV	40	36	30	24	15	—

Eiche.

Preußen 1905.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120	140 Jahre
I	40	34	24	14	11	9	8
II	—	28	24	18	12	9	8
III	—	22	20	18	12	10	8

Schwarzerle.

Preußen 1902.

Bonität	Alter 20	40	60	80 Jahre
I	56	24	12	4
II	44	22	10	4
III	38	18	10	—

Das Massenwachstum normal geschlossener Bestände.

§ 158. **Allgemeines.**

1. Die Produktion an Holzmasse ist entscheidend für den Material- und Geldertrag der einzelnen Holzarten.

2. Die oberirdische Holzmasse besteht aus Derbholz (über 7 oder 6 cm stark) und aus Reisholz (unter 7 cm).

Hiezu kommt die unterirdische Holzmasse, das Stock- und Wurzelholz.

Die unterirdische Holzmasse wird gewöhnlich außer Betracht gelassen, weil sie nicht an allen Orten genutzt wird. Es handelt sich aber keineswegs um geringfügige Massen. Udo Müller[1]) nimmt im großen Durchschnitt 10—20 % der oberirdischen Holzmasse, Burckhardt[2]) als Ergebnis größerer Rodungen sogar 20—34 % als Stockholzertrag an. Das Verhältnis wird vom Alter und namentlich von der Bonität beeinflußt. 200 Rm = 100 Fm (10—20%) Stockholz werden vielfach pro ha in Rechnung genommen werden dürfen.

Der Preis des im Boden stehenden Stockholzes schwankt für 1 Fm von 0,1 bis 3 ℳ und darüber; im badischen Bauland[3]) beträgt der Roherlös pro Fm 12 ℳ, der Reinerlös für aufgearbeitetes Stockholz pro Fm 7 ℳ.

---

1) Holzmeßkunde 238.

2) Hilfstafeln für Forsttaxatoren. ^{3}1, 74.

3) Stat. Nachw. aus d. Forstverw. Badens. 1909. S. 41.

Der Erlös pro ha einer Kahlfläche kann 100—700 ℳ betragen, Summen, welche die Kosten einer Saat oder Pflanzung erreichen und sogar weit übersteigen. In manchem Verwaltungsbezirke werden 1000—2000 Fm Stockholz gewonnen. Die Zurichtungskosten pro 1 Fm betragen etwa 3—5 ℳ. Es ist also nicht nur für die ärmere Bevölkerung Arbeitsgelegenheit geschaffen, sondern auch eine Einnahme erzielbar, welche die Kulturkosten deckt. Bei der Frage der natürlichen oder künstlichen Verjüngung wird hierauf zurückzukommen sein.

3. Die nachfolgende Tabelle 115 gibt die Masse (das Volumen V) des Derbholzes, des Reisigs und der Gesamtmasse (d. h. Derbholz und Reisig) an in Fm. für 1 ha normal bestockten Bestandes im Hochwalde.

4. In der Regel umfassen die veröffentlichten Ertragstafeln nur den sog. Hauptbestand, also die Masse, welche nach der Durchforstung je in den einzelnen Altersklassen verblieben ist. Die im Laufe der Umtriebszeit bei den Durchforstungen angefallene Masse bleibt meistens unberücksichtigt.

Um den Umfang der Tabelle einzuschränken, ist eine Auswahl unter den Ertragstafeln verschiedener Länder getroffen. Sie soll die geographischen Unterschiede hervortreten lassen. Vielfach sind nur die Zahlen der I. Bonität ausführlicher mitgeteilt worden; die Verhältniszahlen zwischen den einzelnen Bonitäten weichen wenig von einander ab; sie können also für etwaige Berechnungen der Masse weiterer Bonitäten verwendet werden. Für die Einzelheiten muß auf die Ertragstafeln selbst und den ihnen beigegebenen Text verwiesen werden.

Für gemischte Hochwald-, sowie für Plenter- und Mittelwaldbestände sind die Untersuchungen erst im Gange.

Das Massenwachstum geschlossener Bestände.

§ 159. Der Hauptbestand.

1. Tabelle 115 enthält den Nachweis der Holzmasse des Hauptbestandes getrennt nach Holzarten, Altersklassen und Bonitäten für Fichte, Tanne, Föhre, Buche, Eiche, Schwarzerle und Birke. Die Untersuchungen stammen aus Deutschland und der Schweiz.

Tabelle 115.

Holzmasse pro 1 ha Fm.

Fichte.

Preußen 1902.

a) Derbholz.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	25	262	530	666	734	749
II	—	175	407	545	606	627
III	—	106	288	416	480	492
IV	—	54	203	304	360	373
V	—	17	117	208	245	—

Holzmasse pro 1 ha Fm.

Fichte.

b) Reisholz.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	95	102	72	80	92	103
II	—	97	82	78	77	76
III	—	84	97	83	67	69
IV	—	84	89	77	61	56
V	—	68	79	64	54	—

c) Gesamtmasse.

I	120	364	602	746	826	852
II	—	272	489	623	683	703
III	—	190	385	499	547	561
IV	—	138	292	381	421	429
V	—	85	196	272	299	—

Sachsen 1878.

a) Derbholz.

I	64	388	657	842	939	1024
II	1	274	524	668	762	828
III	—	146	404	540	610	662
IV	—	58	260	390	451	496

b) Reisholz.

I	120	129	122	96	93	96
II	133	125	105	98	96	103
III	94	142	95	94	98	102
IV	63	125	99	82	94	98

c) Gesamtmasse.

I	184	517	779	938	1032	1120
II	134	399	629	766	858	931
III	94	288	499	634	708	764
IV	63	183	359	472	545	594

Braunschweig 1912.

a) Derbholz.

	(30)					
I	207	360	638	772	823	852

Schweiz 1907. Hügelland.

a) Derbholz.

I	79	549	822	950	—	—
II	52	441	699	820	—	—
III	32	335	583	700	—	—
IV	16	248	479	587	—	—
V	6	171	376	485	—	—

b) Reisholz.

I	127	106	94	90	—	—
II	115	99	91	85	—	—
III	103	105	87	82	—	—
IV	91	103	81	78	—	—
V	79	101	79	74	—	—

Holzmasse pro 1 ha Fm.

Fichte.

Schweiz, Hügelland.

c) Gesamtmasse.

Bonität	Alter 40	60	80	100	120 Jahre	
I	206	655	916	1040	—	—
II	167	540	790	905	—	—
III	135	440	670	782	—	—
IV	107	351	560	665	—	—
V	85	272	455	559	—	—

Schweiz 1907. Gebirge.

a) Derbholz.

I	24	435	769	1017	1171	1260
II	—	325	611	817	948	1023
III	—	225	462	630	740	806
IV	—	135	318	455	547	600
V		65	200	300	377	420

b) Reisholz.

I	144	110	101	103	109	110
II	127	107	99	98	97	102
III	93	103	98	90	85	89
IV	64	103	97	85	78	80
V	40	95	83	75	68	70

c) Gesamtmasse.

I	168	545	870	1120	1280	1370
II	127	432	710	915	1045	1125
III	93	328	560	720	825	895
IV	64	238	415	540	625	680
V	40	160	283	375	445	490

Württemberg 1897.

a) Derbholz.

I	—	135	399	724	1000	1189
II	—	86	284	536	800	982
III	—	44	210	409	620	767
IV	—	16	139	293	450	552

b) Reisholz.

I	54	84	96	112	124	132
II	38	71	85	104	114	118
III	24	65	77	89	97	103
IV	—	53	66	78	89	97

c) Gesamtmasse.

I	54	219	495	836	1124	1321
II	38	157	369	640	914	1100
III	24	109	287	498	717	870
IV	—	69	205	371	539	649

Holzmasse pro 1 ha Fm.

Tanne.

Baden 1902.

a) Derbholz, b) Reisholz fehlt.

c) Gesamtmasse.

Bonität Alter	20	40	60	80	100	120 Jahre
I	46	325	710	946	1100	1210
II	34	243	543	751	900	1000
III	22	171	410	588	720	816
IV	12	108	280	438	550	641
V	3	55	172	306	400	477

Föhre.

Norddeutsche Tiefebene 1896.

a) Derbholz.

I	70	246	380	476	541	590
II	49	191	310	394	449	493
III	28	140	242	307	354	393
IV	—	95	175	226	262	289
V	—	43	100	138	164	—

b) Reisholz.

I	84	69	55	52	51	50
II	76	69	51	50	50	49
III	68	72	51	48	47	47
IV	—	64	50	45	45	44
V	—	50	46	42	40	—

c) Gesamtmasse.

I	154	315	435	528	592	640
II	125	260	361	444	499	542
III	96	212	293	355	401	440
IV	—	159	225	271	307	333
V	—	93	146	180	204	—

Sachsen 1884.

a) Derbholz.

I	66	358	458	514	552	588
II	8	228	362	417	455	490
III	—	128	264	322	359	390
IV	—	63	170	226	260	—
V	—	25	84	131	162	—

b) Reisholz.

I	78	67	62	55	58	59
II	100	102	69	59	57	57
III	81	113	79	60	55	55
IV	57	96	82	63	54	—
V	34	59	80	65	55	—

Holzmasse pro 1 ha Fm.

Föhre.

Sachsen 1884.

c) Gesamtmasse.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	144	425	520	569	610	647
II	108	330	431	476	512	547
III	81	241	343	382	414	445
IV	57	159	252	289	314	—
V	34	84	164	196	217	—

Hessen 1886, Rhein-Main-Ebene.

c) Gesamtmasse.

I	180	358	485	580	641	668

Hessen 1886, Buntsandstein-Gebiet.

c) Gesamtmasse.

I	146	330	457	541	591	610

Buche.

Preußen 1911, Gewöhnlicher Schluß.

a) Derbholz.

	(30)					
I	60	149	316	435	516	582
II	—	97	244	356	434	498
III	—	47	178	274	347	403
IV	—	—	115	200	257	298
V	—	—	53	121	171	208

b) Reisholz.

I	69	63	61	64	67	73
II	81	57	57	62	65	66
III	49	60	49	54	59	61
IV	27	63	52	50	52	56
V	10	23	58	49	47	48

c) Gesamtmasse.

I	129	212	377	499	583	655
II	81	154	301	418	499	564
III	49	107	227	328	406	464
IV	27	63	167	250	309	354
V	10	23	111	170	218	256

Braunschweig 1904.

a) Derbholz.

	(30)					
I	53	161	336	482	596	684

b) Reisholz.

I	77	59	59	67	74	76

c) Gesamtmasse.

I	130	220	395	549	670	760

Holzmasse pro 1 ha Fm.

Buche.

Baden 1894.

a) Derbholz.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	22	197	366	511	631	729
II	—	136	277	399	512	602
III	—	87	207	311	400	477
IV	—	52	147	232	307	371
V	—	22	95	163	227	280

b) Reisholz.

I	88	74	71	73	82	91
II	81	78	73	76	76	82
III	60	79	72	72	78	82
IV	40	74	70	69	73	77
V	26	67	65	64	64	67

c) Gesamtmasse.

I	110	271	437	584	711	820
II	81	214	350	475	588	684
III	60	165	279	383	478	559
IV	40	126	217	301	380	448
V	26	89	160	227	291	347

Schweiz 1907.

a) Derbholz.

	(30)					
I	61	178	364	514	609	666
II	39	130	295	433	520	573
III	22	92	233	360	443	486
IV	11	56	176	287	365	402
V	—	29	121	221	290	322

b) Reisholz.

I	73	76	72	68	71	74
II	61	75	67	67	71	72
III	49	69	61	60	65	69
IV	36	66	56	57	65	68
V	25	56	52	54	60	66

c) Gesamtmasse.

I	73	254	436	582	680	740
II	61	205	362	500	591	645
III	49	161	294	420	508	555
IV	36	122	232	344	430	470
V	25	85	173	275	350	388

Holzmasse pro 1 ha Fm.

Buche.

Sihlwald 1883.

a) Derbholz.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	90	205	399	631	752	—

b) Reisholz.

I	102	51	56	60	51	—

c) Gesamtmasse.

I	102	256	455	691	803	—

Eiche.

Preußen 1905.

a) Derbholz.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120	140 Jahre
I	26	121	230	322	397	462	512
II	—	68	155	241	311	365	407
III	—	30	85	161	226	269	303

b) Reisholz.

I	27	31	31	37	44	45	48
II	—	34	34	34	38	42	45
III	—	41	43	35	31	36	38

c) Gesamtmasse.

I	53	152	261	359	441	507	560
II	—	102	189	275	349	407	452
III	—	71	128	196	257	305	341

Eiche.

Hessen 1900.

a) Derbholz.

I	39	205	347	457	546	615	673
II	14	147	269	366	453	522	579
III	—	81	187	278	355	423	482
IV	—	33	108	187	258	320	376

b) Reisholz.

I	61	45	43	48	54	61	67
II	65	46	44	45	47	52	58
III	55	54	45	43	45	46	48
IV	44	61	51	44	42	42	43

c) Gesamtmasse.

I	100	250	390	505	600	676	740
II	79	193	313	411	500	574	637
III	55	135	232	321	400	469	530
IV	44	94	159	231	300	362	419

Holzmasse pro 1 ha Fm.

Schwarzerle.

Preußen 1902.

a) Derbholz.

Bonität	Alter 20	40	60	80 Jahre
I	97	254	335	368
II	58	171	234	250
III	31	105	140	—

b) Reisholz.

I	43	27	24	24
II	37	24	22	20
III	31	21	21	—

c) Gesamtmasse.

I	140	281	359	392
II	95	195	256	270
III	62	126	161	—

Birke.

Preußen 1903.

a) Derbholz.

	(30)			
I	69	124	188	212
II	47	90	136	150

b) Reisholz.

I	22	26	40	47
II	21	24	34	37

c) Gesamtmasse.

I	91	150	228	259
II	68	114	170	187

2. Die Masse des Hauptbestandes nimmt mit dem Alter ununterbrochen zu und zwar von der Jugend bis zum 60. Jahr rasch, dann langsamer, obschon die jedesmalige Durchforstung einen Teil des Bestandes entfernt. Während aber die Fichte und Buche auf den Bonitäten I—III vom 60.—100. Jahre um 200—300 Fm, die Tanne um 400—600 Fm steigen, vermehrt sich die Masse der Föhre nur noch um 100, 150, auch 160 Fm, die der Eiche um etwa 200 Fm.

Die Zunahme der Masse vom 20.—120. Jahre läßt sich in Verhältniszahlen nur für die Gesamtmasse vergleichen, weil die Dimensionen des Derbholzes im 20., selbst 40. Jahr auf geringen Bonitäten noch gar nicht erreicht sind. Bei diesen Zahlen ist im Auge zu behalten, daß das Reisig mit dem Alter teils sinkt, teils wie bei der Buche ungefähr gleich hoch bleibt, oder wie bei der Tanne, selten bei der Buche mit dem Alter steigt.

Das Derbholz nimmt vom 20.—60. Jahr sehr bedeutend, vom 60. bis 120. Jahre dagegen in geringem Maße zu.

Die Kurven der Gesamtmasse verlaufen, mit Ausnahme der Tanne, sehr gleichmäßig, weil durch die Reisigmasse eine Ausgleichung der Unregelmäßigkeiten stattfindet.

Auch unter den Bonitäten sind die Unterschiede vielfach ganz gering. Das langsame Jugendwachstum auf den geringeren Bonitäten macht sich durch die höheren Relativzahlen geltend. Die Steigerung der Masse vom 20. bis zum 100. Jahre ist bei geringeren Bonitäten höher, als bei besseren.

In Tabelle 116 ist die Gesamtmasse im 20. bezw. 30. Jahre je = 100 gesetzt und das Verhältnis der Zunahme der Masse bis zum 100. Jahre berechnet.

Tabelle 116.

Zunahme der Gesamtmasse mit dem Alter.

Bonität	I	II	III	IV	V
1. Fichte.					
Preußen 1902	688	432	531	601	352
Sachsen 1878.	561	640	753	865	—
Schweiz, Hügelland. . .	505	542	579	621	658
„ Gebirge . . .	762	823	887	977	1113
2. Tanne.					
Baden 1902	2391	2647	3273	4583	13 333
Württemberg 1897 . . .	2081	2405	2988	1739	—
3. Föhre.					
Norddeutsche Tiefebene . 1896.	384	399	418	279	340
Sachsen 1884.	424	474	511	551	638
Hessen, Rhein-Mainebene	356	380	—	—	—
„ Buntsandsteingebiet	405	470	—	—	—
4. Buche.					
Preußen, gewöhnl. Schluß	452	616	829	1144	2180
Braunschweig	515	531	572	338	323
Baden	646	726	797	950	1119
Schweiz	932	969	1037	1194	1400
Sihlwald	787	807	870	929	—
5. Eiche.					
Preußen	832	521	504	—	—
Hessen	600	633	727	682	—
6. Schwarzerle (bis zum 80. Jahr).					
Preußen	280	284	—	—	—
7. Birke (bis zum 80. Jahr).					
Preußen	285	275	—	—	—

3. Der Unterschied nach Bonitäten beträgt meistens 100 bis 120, selten 150 oder gar 200 Fm, manchmal bleibt er sogar unter 100 Fm zurück. Für die Schätzung der Holzmasse ist ein Spielraum von 100 Fm schon ziemlich klein, da auch bei großer Übung Unterschiede von 50 Fm nicht mehr sicher eingeschätzt werden können.

Je nach dem Zwecke, dem die Vergleichung dienen soll, wird bald die Derbholzmasse allein, bald diese + Reisig = Gesamtmasse ins Auge gefaßt. Die Scheidung zwischen Derbholz und Reisig ist willkürlich.

Wird aber das Reisig außer Betracht gelassen, so werden 90—120 Fm der produzierten Masse, die ca. 10—15% der Gesamtmasse ausmachen, vernachlässigt. Die Preise von 100 Reisigwellen schwanken innerhalb weiter Grenzen, von 4 ℳ für Nadelholz bis zu 30 und selbst 40 ℳ für Buchenwellen, also von 2—15 und 20 ℳ pro Fm. Der Geldertrag des Reisigs kann also auf nur 200, aber auch 1000—2000 ℳ pro ha sich belaufen.

Für die Vergleichung der Erträge der einzelnen Holzarten kommt aber die ganz verschiedene Reisigmenge in Betracht. Föhren, Buchen, Eichen haben vom 60. Jahre an höchstens 60—70 Fm Reisig, während es bei Fichte und Tanne auf 100—120 Fm ansteigt.

Verfolgt man die Reisigmasse vom 20.—100. und 120. Jahre, so ergibt sich, daß sie bei allen Holzarten, außer der Birke und der Tanne, im 40. Jahre das Maximum erreicht, dann bis zum 50. rasch sinkt und vom 50.—100. und 120. Jahr ungefähr auf dem Stande des 50. Jahres bleibt. Der Einfluß der Bonität macht sich insofern geltend, als das Maximum des Reisigs auf den besseren Bonitäten in das 40., auf geringeren in das 50.—60. Jahr fällt. Die Birke hat im 70.—80., die Tanne erst im 80. bis 100. und 120. Jahr das Maximum erreicht.

4. Tabelle 117 enthält die Verhältniszahlen der Gesamtmasse für die einzelnen Bonitäten.

Tabelle 117.

Verhältnis der Bonitäten nach der Gesamtmasse.

Bonität	Alter 40	60	80	100 Jahre
Fichte. Preußen.				
I	100	100	100	100
II	75	81	84	83
III	52	64	67	66
IV	38	49	51	51
V	23	33	37	36
Fichte. Sachsen.				
I	100	100	100	100
II	77	81	82	83
III	56	64	68	69
IV	35	46	50	53

Verhältnis der Bonitäten nach der Gesamtmasse.

Fichte. Schweiz, Hügelland.

Bonität	Alter 40	60	80	100 Jahre
I	100	100	100	100
II	82	86	87	88
III	67	73	75	76
IV	54	61	64	65
V	42	50	54	55
Fichte. Schweiz, Gebirge.				
I	100	100	100	100
II	79	82	82	82
III	60	64	64	65
IV	44	48	48	49
V	29	33	34	35
Tanne. Baden.				
I	100	100	100	100
II	75	77	79	82
III	53	58	62	66
IV	33	39	46	50
V	17	24	32	36
Tanne. Württemberg.				
I	100	100	100	100
II	72	75	77	82
III	50	58	60	64
IV	32	41	44	48
Föhre. Norddeutsche Tiefebene.				
I	100	100	100	100
II	83	83	84	84
III	67	67	67	68
IV	51	52	51	52
V	30	34	34	35
Föhre. Sachsen.				
I	100	100	100	100
II	78	83	84	84
III	57	66	67	68
IV	37	49	51	52
V	20	32	34	36
Föhre. Hessen, Rhein-Mainebene.				
I	100	100	100	100
II	79	80	79	78
III	58	59	57	—
IV	45	44	—	—
Föhre. Hessen, Buntsandsteingebiet.				
I	100	100	100	100
II	77	80	82	81
III	58	61	60	—
IV	44	46	—	—

Verhältnis der Bonitäten nach der Gesamtmasse.

Buche. Preußen, gewöhnlicher Schluß.

Bonität	Alter 40	60	80	100 Jahre
I	100	100	100	100
II	73	80	84	86
III	51	60	66	70
IV	30	44	50	53
V	11	29	34	37

Buche. Braunschweig.

I	100	100	100	100
II	88	88	89	89
III	73	74	76	77
IV	56	60	62	63
V	41	44	44	44

Buche. Oberhessen.

I	100	100	100	100
II	80	81	81	81
III	60	63	64	64
IV	45	46	48	49
V	32	33	34	35

Buche. Baden.

I	100	100	100	100
II	79	80	81	83
III	61	64	66	67
IV	47	50	52	53
V	33	37	39	41

Buche. Schweiz.

I	100	100	100	100
II	81	83	86	87
III	63	67	72	75
IV	48	53	59	63
V	34	40	47	52

Buche. Sihlwald.

I	100	100	100	100
II	86	86	82	86
III	71	71	71	77
IV	57	56	57	65

Eiche. Preußen.

I	100	100	100	100
II	67	72	77	79
III	47	49	55	58

Eiche. Hessen.

I	100	100	100	100
II	77	80	81	83
III	54	60	64	67
IV	38	41	46	50

Verhältnis der Bonitäten nach der Gesamtmasse.

Schwarzerle. Preußen.

Bonität	Alter 40	60	80	100 Jahre
I	100	100	100	100
II	69	71	69	—
III	45	45	—	—

Birke. Preußen.

Bonität	Alter 40	60	80	100 Jahre
I	100	100	100	100
II	76	75	72	—

Der Abstand der Bonitäten läßt sich nicht leicht in wenigen allgemeinen Zahlen ausdrücken, da er durch die geringen Bonitäten allzusehr beeinflußt wird. Die Masse der V. Bonität beträgt bald nur 30, bald 50 % der Masse der I. Bonität. Für das 100. Jahr läßt sich das Verhältnis etwa so ausdrücken: 100: 80—90: 60—70: 50—60: 30—40.

Der Abstand der Bonitäten ist in der Jugend größer, als im späteren Alter, ein Verhältnis, wie es bei der Stammgrundfläche und der Höhe sich ebenfalls ergeben hat.

5. Sehr groß ist der Unterschied der Gesamtmasse bei den einzelnen Holzarten. Die nachfolgende Übersicht enthält die Angaben für solche Länder, in welchen mehrere Holzarten untersucht wurden.

Gesamtmasse pro 1 ha I. Bonität im 100. Jahre.

Preußen			Braunschweig			Sachsen		
Fichte	826	(100)	Fichte	(915) (823 + 92)	(100)	Fichte	1032	(100)
Buche	583	(71)	Buche	670	(73)	Föhre	610	(59)
Föhre (Nordd.)	592	(72)						
Eiche	441	(53)						

Württemberg			Baden			Schweiz			
Fichte	1095	(100)	Tanne	1100	(100)	Fichte (Gebirge)	1280	(100)	
Tanne	1124	(103)	Buche	711	(65)	„ (Hügelland)	1100	(86)	(100)
Buche	721	(66)				Buche	680	(53)	(62)

Die Fichte und Tanne liefern die höchsten Holzmassen; die Buche bleibt um (rund) 30—40, die Föhre 30—40, die Eiche 50 % hinter ihnen zurück. Dieser Vorsprung von Fichte und Tanne ist schon im 40. Jahre deutlich ausgesprochen. Vor dem 40. Jahre übertrifft im Massenwachstum die Föhre alle anderen Holzarten.

6. Die geographischen Unterschiede im Massenwachstum zeigt die folgende Gegenüberstellung der Gesamtmassen I. Bonität im 100. Jahre.

Fichte			Tanne		
Schweiz, Gebirge	1280	(100)	Württemberg	1124	(100)
„ Hügelland	1100	(86)	Baden	1100	(98)
Württemberg	1095	(86)			
Sachsen	1032	(81)			
Braunschweig	915	(71)			
Preußen	826	(65)			

Föhre		Buche		Eiche	
Hessen, Rhein-Main-Ebene	641 (100)	Württemberg	721 (100)	Hessen	600 (100)
Sachsen	610 (95)	Preußen (1893)	720 (100)	Preußen	441 (74)
Preußen (Nordd.)	592 (92)	Oberhessen	720 (100)		
Hessen, Buntsandgebiet	591 (92)	Baden	711 (99)		
		Schweiz	680 (94)		
		Braunschweig	670 (93)		

Buche, Föhre, Tanne weichen in ihren Maximalleistungen nur 2—8 %, Eiche dagegen um 26, Fichte sogar um 30—35 % von einander ab.

Bonität und Alter bringen nur unwesentliche Änderungen in diesem Verhältnis hervor.

160. Der Ertrag der Abtriebsnutzung und der Vornutzungen oder die gesamte Wachstumsleistung.

1. In der Tabelle über die Massenerträge des Hauptbestandes ist diejenige Masse des Hauptbestandes enthalten, welche nach der vorgenommenen Durchforstung im Bestande verbleibt. Die bei den Durchforstungen anfallenden Massenerträge sind unberücksichtigt gelassen.

Werden diese in ihren Beträgen erhoben, so können sie zu den Erträgen des Hauptbestandes hinzugerechnet werden. Es entsteht dann eine zweite Tabelle, welche die Erträge des Hauptbestandes und des Nebenbestandes, oder den Abtriebsertrag und die Vornutzungen zusammenfaßt.

Solche Tafeln sind in neuerer Zeit mehrfach veröffentlicht worden. Schwappach[1]) hat einen Teil derselben zusammengestellt; sie sind in die folgende Übersicht aufgenommen und durch die aus andern Ländern stammenden Angaben ergänzt. Über die Durchforstungserträge werden unten genauere Ausführungen erfolgen.

Tabelle 118.

Erträge des Hauptbestandes + des Nebenbestandes im 100. Jahre an Gesamtmasse Fm.

Bonität	I	II	III	IV	V
Fichte.					
Preußen 1902	1596	1268	1019	797	578
Schweiz, Hügelland	1750	1505	1280	1080	886
„ Gebirge	1825	1537	1265	1020	799
Württemberg 1899	1610	1302	1051	806	832
Tanne.					
Baden 1902	1752	1424	1135	848	594
Württemberg 1897	1672	1319	1000	750	—

[1]) Ertragstafeln der wichtigsten Holzarten. 1912.

Erträge des Hauptbestandes + des Nebenbestandes im 100. Jahre an Gesamtmasse Fm.

Föhre.

Bonität	I	II	III	IV	V
Preußen 1908	906	781	624	474	346

Buche.

Bonität	I	II	III	IV	V
Preußen (gewöhnl. Schluß) .	928	788	634	487	322
Braunschweig	1031	879	725	583	414
Schweiz	1000	881	768	664	554

Eiche.

Bonität	I	II	III	IV	V
Preußen	998	776	606	—	—

2. Die Reihenfolge der Holzarten nach der gesamten Wachstumsleistung bleibt dieselbe, wie sie sich für den Abtriebsertrag berechnete: Fichte, Tanne, Buche, Föhre, Eiche.

Die Zahlen ergeben sich für Bestände, die im gewöhnlichen Grade (B) durchforstet wurden. Mit den stärkeren Durchforstungsgraden muß eine Änderung des Verhältnisses zwischen Abtriebs- und Zwischennutzung verbunden sein. Hieran können aber erst nach Darstellung des Durchforstungsbetriebes und seiner Wirkung auf den Zuwachs weitere Erörterungen geknüpft werden.

§ 161. Die Altersperiode des höchsten Massenwachstums.

1. In den Ertragstafeln sind die Angaben über den jährlichen (laufend-jährigen) Zuwachs der Masse nicht gleichmäßig berechnet und mitgeteilt. Bald finden sich die Angaben nur für den Hauptbestand, bald für Haupt- und Nebenbestand; bald nur für das Derbholz, bald für Derbholz und Reisig. So erklären sich die Ungleichheiten und Lücken in den Tabellen. Tabelle 119 weist den laufenden (jährlichen) Zuwachs der Masse im 20. bis 120. Jahre nach, wie er in den Ertragstafeln angegeben ist.

Tabelle 119.

Laufender (jährlicher) Zuwachs der Masse in Fm pro ha.

Fichte.

Preußen 1902.

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

Bonität	Alter (30) 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	16,6	20,0	19,8	19,0	15,2	11,6
II	13,2	16,8	17,6	14,6	12,0	9,0
III	—	13,6	15,0	11,8	9,6	8,0
IV	—	9,4	12,2	9,6	8,2	6,0
V	—	—	9,6	8,0	6,0	—

Laufender (jährlicher) Zuwachs der Masse in Fm pro ha.

Fichte.

Sachsen 1878.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	10,2	17,6	11,2	6,6	4,6	4,2
II	7,6	18,4	9,6	6,2	3,8	3,6
III	5,2	11,6	9,4	6,6	3,0	2,6
IV	3,4	7,2	7,6	4,8	2,6	2,4

Schweiz 1907. Hügelland.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

I	21,4	19,3	9,3	5,0	—	—
II	16,6	16,1	8,5	4,5	—	—
III	13,3	14,1	7,7	4,0	—	—
IV	10,5	12,0	7,0	3,4	—	—
V	7,5	9,3	6,5	3,0	—	—

B. Haupt-und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	22,5	25,0	18,3	14,5	—	—
II	17,7	21,4	16,0	13,2	—	—
III	14,0	18,1	13,8	12,0	—	—
IV	10,8	14,7	12,3	11,1	—	—
V	8,1	11,6	11,0	10,0	—	—

Schweiz 1907. Gebirge.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

I	14,9	18,2	14,5	10,1	6,4	3,9
II	12,0	15,2	12,1	8,4	5,3	3,3
III	9,2	12,2	9,8	6,8	4,3	2,6
IV	6,5	9,3	7,5	5,3	3,4	2,1
V	4,1	6,5	5,6	4,2	2,8	1,7

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	16,4	23,3	21,2	18,3	14,4	10,0
II	12,8	20,0	18,4	15,8	12,2	8,3
III	9,8	16,7	15,8	13,5	10,6	6,8
IV	7,2	13,4	13,3	11,4	8,8	5,3
V	4,1	10.1	11,0	9,5	7,3	4,0

Tanne.

Württemberg 1897.

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	—	11,6[1])	20,4	28,5	23,8	14,7
II	—	7,3	15,9	22,0	21,8	13,9
III	—	5,4	12,6	16,6	17,8	13,1
IV	—	3,8	9,1	12,7	14,4	9,2

[1]) In der Ertragstafel zwischen 35. und 40. Jahr.

Laufender (jährlicher) Zuwachs der Masse in Fm pro ha.

Tanne.

Baden 1902.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	4,2	23,4	15,6	9,8	6,6	5,0
II	3,2	17,4	12,6	9,2	6,4	4,2
III	2,2	11,4	10,6	8,0	5,8	4,0
IV	1,4	6,8	8,8	7,2	4,8	4,2
V	—	4,0	6,6	6,0	4,4	3,6

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	—	24,8[1])	27,8	20,4	14,5	10,2
II	—	18,5	21,3	17,6	13,8	9,5
III	—	12,2	17,2	14,8	11,6	9,4
IV	—	6,8	12,4	13,0	10,1	8,8
V	—	—	8,4	9,9	8,9	7,7

Föhre.

Norddeutsche Tiefebene 1896.

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	11,5	12,8	10,0	7,4	5,6	4,3
II	8,4	10,4	8,7	6,8	4,8	3,9
III	5,7	8,1	6,6	5,3	4,0	3,3
IV	—	6,3	4,7	3,7	2,9	2,4
V	—	3,7	2,9	2,0	1,7	—

Sachsen 1884.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

I	10,0	9,0	3,0	2,2	2,0	1,8
II	6,6	10,6	3,0	2,0	1,8	1,6
III	5,0	9,4	3,4	1,6	1,6	1,4
IV	3,4	6,6	3,0	1,4	1,2	—
V	2,0	2,8	2,8	1,2	1,0	—

Hessen 1886. Rhein-Main-Ebene.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

I	10,0	7,4	5,1	4,2	2,5	0, 9
II	8,4	6,0	4,2	2,9	1,0	—
III	6,7	5,0	2,8	1,0	—	—
IV	5,2	4,0	1,5	—	—	—

[1]) In der Ertragstafel zwischen 35. und 40. Jahr.

Laufender (jährlicher) Zuwachs der Masse in Fm pro ha.

Föhre.

Hessen 1886. Buntsandstein-Gebiet.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	9,8	7,9	5,1	2,9	1,9	0,8
II	7,0	7,8	4,3	3,0	1,2	—
III	5,6	5,7	4,3	1,6	—	—
IV	4,3	4,6	1,7	—	—	—

Buche.

Preußen 1911. Gewöhnlicher Schluß.

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	—	13,0	13,4	9,6	8,6	8,2
II	—	9,2	12,2	10,0	8,0	7,4
III	—	6,4	10,2	9,0	7,6	6,8
IV	—	4,6	7,0	8,0	6,6	6,0
V	—	1,8	4,2	5,2	5,4	4,4

Braunschweig 1904.

A. Hauptbestand[1]).

Gesamtmasse.

I	—	9,0	8,5	7,1	5,7	4,2
II	—	8,1	7,4	6,7	5,0	3,7
III	—	7,1	6,5	6,0	4,5	3,2
IV	—	—	5,5	5,0	3,7	2,5
V	—	—	3,8	3,2	2,6	2,0

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	—	11,4	13,6	12,8	11,5	10,1
II	—	9,8	11,7	11,1	9,9	8,7
III	—	—	9,7	9,4	8,5	7,2
IV	—	—	7,8	7,4	7,1	5,9
V	—	—	5,9	5,3	4,7	4,0

Hessen. Oberhessen 1893.

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	7,0	13,8	15,4	14,8	12,5	10,2
II	6,0	11,0	12,2	11,7	9,9	8,2
III	4,5	8,2	9,7	9,2	7,8	6,3
IV	3,6	5,8	7,1	7,0	6,2	5,2
V	2,5	4,2	5,0	4,9	4,3	3,5

[1]) In der Ertragstafel 35., 45. etc. Jahr.

Laufender (jährlicher) Zuwachs der Masse in Fm pro ha.

Buche.

Baden 1894.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

Bonität	Alter 20	40	60	80	100	120 Jahre
I	7,6	8,4	7,7	6,6	5,6	4,8
II	6,1	7,0	6,4	5,9	5,0	4,4
III	4,7	5,7	5,4	5,0	4,4	3,7
IV	3,9	4,6	4,3	4,0	3,6	3,0
V	2,8	3,5	3,4	3,3	2,9	2,6

Schweiz 1907.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

I	7,3	9,9	8,6	6,4	4,3	2,6
II	5,5	8,4	7,5	5,8	3,8	2,2
III	3,9	6,7	6,6	5,1	3,3	1,9
IV	3,0	5,3	5,7	4,6	2,9	1,6
V	2,3	4,3	4,8	4,1	2,5	1,3

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	8,3	14,0	12,6	9,9	8,0	6,5
II	6,0	11,5	11,4	9,2	7,4	5,8
III	3,9	9,3	10,1	8,6	6,9	5,2
IV	3,0	7,3	9,0	8,1	6,4	4,6
V	2,3	5,6	7,8	7,7	6,0	4,0

Sihlwald 1883.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

I	7,0	8,5	12,0	9,0	3,0	—
II	6,0	8,0	9,5	8,0	4,0	—
III	5,0	6,0	8,0	8,0	5,0	—
IV	4,0	4,5	6,5	7,0	5,0	—

Eiche.

Preußen 1905.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

Bonität	Alter 20 (30)	40	60	80	100	120	140 Jahre
I	12,4	14,8	12,8	10,6	8,4	6,8	6,2
II	5,2	9,0	12,0	10,0	7,6	6,0	5,2
III	—	6,0	9,8	9,2	6,4	5,0	4,2

Laufender (jährlicher) Zuwachs der Masse in Fm pro ha.

Hessen 1900.

A. Hauptbestand.

Gesamtmasse.

Bonität	Alter 20 (30)	40	60	80	100	120	140 Jahre
I	7,2	8,2	6,4	5,4	4,4	3,4	3,0
II	5,2	6,4	5,2	4,8	4,2	3,4	3,0
III	4,0	4,4	4,8	4,2	3,8	3,2	3,0
IV	2,6	2,6	3,6	3,6	3,4	3,0	2,8

Schwarzerle.

Preußen 1902.

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

Bonität	Alter 20	40	60	80 Jahre
I	12,6	9,8	5,8	3,2
II	8,6	7,6	4,0	1,6
III	4,8	4,8	2,4	—

Birke.

Preußen 1903.

B. Haupt- und Nebenbestand.

Gesamtmasse.

I	—	10,0	8,2	5,6
II	—	7,4	5,8	3,6

2. In der folgenden Übersicht ist die Kulminationszeit des laufenden Zuwachses an Gesamtmasse auf I. Bonität zusammengestellt.

Tabelle 119a.

Kulminationszeit des jährlichen Zuwachses der Gesamtmasse. I. Bonität.

	Hauptbestand		Haupt- und Nebenbestand	
	Jahre	Fm	Jahre	Fm
1. Fichte.				
Schweiz, Gebirge . . .	30	19,1	35	23,5
„ Hügelland. . .	25—30	23,0	30	28,6
Sachsen (1878)	35	20,0		
Württemberg (1877) . .	30	15,0		
Preußen (1902)	—	—	50	21,0
2. Tanne.				
Baden (1902)	40	23,4	45	30,2
Württemberg (1897) . .	—	—	75	28,5

Kulminationszeit des jährlichen Zuwachses der Gesamtmasse. I. Bonität.

	Hauptbestand		Haupt- und Nebenbestand	
	Jahre	Fm	Jahre	Fm
		3. Föhre.		
Norddeutsche Tiefebene (1908)	40	11,8	35	14,0
Sachsen (1884)	30	18,0	—	—
Hessen, Rhein-Mainebene (1886)	15	10,3	—	—
„ Buntsandsteingebiet	25	10,0	—	—
		4. Buche.		
Württemberg (1881)	40—50	9,0	—	—
Preußen (1893)	—	—	45—50	15,2
„ (1911)	—	—	55	14,0
Sihlwald (1883)	65—70	13,0	—	—
Baden (1894)	35—45	8,4	—	—
Braunschweig (1904)	35—45	9,0	65	13,8
Oberhessen (1893)	—	—	60—65	15,4
Schweiz	35—40	9,9	40	14,0
		5. Eiche.		
Preußen	40	14,8	—	—
Hessen	40	8,2	—	—
		6. Schwarzerle.		
Preußen	—	—	20—25	12,6
		7. Birke.		
Preußen	—	—	45	10,6

3. Da der höchste Zuwachs vielfach in das 20.—30. Jahr fällt, so sind die Angaben des jährlichen Zuwachses in den Tafeln für die jüngste Altersklasse oft schon fast dem Maximalwerte gleich. Für die Zeit vom 1.—20. Jahr fehlen die Zuwachsermittelungen.

Die Kulmination tritt bei den einzelnen Holzarten zu verschiedener Zeit ein. Diese Altersperioden sind aus Tabelle 119a ersichtlich.

Mit zunehmendem Alter sinkt der jährliche Zuwachs, was gerade waldbaulich von besonderer Bedeutung ist.

Im 100. Jahre beträgt der Zuwachs vielfach nur noch 10—20 % des Maximums.

Wird aber auch der Nebenbestand berücksichtigt und der Rechnung die gesamte Wuchsleistung zugrunde gelegt, so ergibt sich ein anderes Verhältnis.

Flury[1]) hat für die Schweiz die beiden Verhältniszahlen für alle Bonitäten berechnet. Hier werden nur diejenigen der I. Bonität angeführt, da die Zahlen nach Bonitäten wenig von einander abweichen.

[1]) A. a. O. 9, 218. 219.

Es beträgt in % des Maximums

a) der jährliche Zuwachs

	Hauptbestand	gesamte Wuchsleistung
Fichte, Hügelland (80. Jahr)	22	51
„ Gebirge (100. Jahr)	34	62
Buche (100. Jahr)	43	57

b) der durchschnittliche Zuwachs.

	Hauptbestand	gesamte Wuchsleistung
Fichte, Hügelland (80. Jahr)	79	95
„ Gebirge (100. Jahr)	88	98
Buche (100. Jahr)	92	97

Da der durchschnittliche Zuwachs im 70.—80. Jahr kulminiert, so findet für Haupt- und Nebenbestand in 20—30 Jahren nur eine geringe Abnahme des durchschnittlichen Zuwachses statt.

4. Für manche Untersuchungen und Vergleichungen kann der durchschnittliche Zuwachs angewendet werden. Entweder wird nur der Quotient $\frac{\text{Masse des Hauptbestandes}}{\text{Alter}}$ oder auch der Quotient $\frac{\text{Gesamte Wuchsleistung}}{\text{Alter}}$ gebildet. Letzteres ist z. B. bei Vergleichung verschiedener Holzarten vorzuziehen.

Es sind nur die Kulminationszeiten des Durchschnittszuwachses in Tabelle 119b mitgeteilt, da von den Zahlen der einzelnen Jahre selten Anwendung gemacht wird.

Tabelle 119 b.

Kulminationszeit des durchschnittlichen Zuwachses an Gesamtmasse auf I. Bonität.

	Hauptbestand		Haupt- und Nebenbestand	
	Jahre	Fm	Jahre	Fm
1. Fichte.				
Schweiz, Gebirge	60—65	14,5	80—85	18,6
„ Hügelland.	40—45	16,4	50—60	20,2
Sachsen	50	13,2	—	—
Württemberg.	45	10,6	—	—
Preußen	55—60	10,0	90—100	16,0
2. Tanne.				
Baden	65—75	12,0	—	—
Württemberg.	—	—	110	16,9
3. Föhre.				
Nordd. Tiefebene (1908). . .	25	8,3	55—60	9,9
Sachsen	35	10,9	—	—
Hessen, Rhein-Mainebene . .	25	9,4	—	—
„ Buntsandsteingebiet .	35	8,6	—	—

Kulminationszeit des durchschnittlichen Zuwachses an Gesamtmasse auf I. Bonität.

	Hauptbestand		Haupt- und Nebenbestand	
	Jahre	Fm	Jahre	Fm
	4. Buche.			
Württemberg	80—85	7,3	—	—
Preußen 1893	75—105	7,2	95—115	10,6
„ 1911	65—70	6,4	80—85	9,4
Sihlwald	75—85	8,6	—	—
Baden	60—85	7,3	—	—
Braunschweig	80	6,9	110	10,4
Oberhessen	—	—	105—110	11,5
Schweiz	65—70	7,4	70—85	10,3
	5. Eiche.			
Preußen	90	4,6	75—85	10,2
Hessen	50—60	6,5	—	—
	6. Schwarzerle.			
Preußen	30	7,3	35—40	9,7
	7. Birke.			
Preußen	45—55	3,9	65—80	6,3

Sollen die oberen und unteren Grenzen der Kulminationszeit in runden Zahlen angegeben werden, so kann dies etwa in der Form der folg nden Übersicht geschehen. Zu dieser ist nur zu bemerken, daß die Zeiten für die Föhre je etwa 10 Jahre tiefer liegen.

	Untere Grenze der Kulmination	Obere Grenze der Kulmination
	a) des jährlichen Zuwachses der Gesamtmasse.	
I. Bonität	25. Jahr	50. Jahr
II. „	35. „	60. „
III. „	40. „	65. „
IV. „	45. „	70. „
V. „	50. „	70. „
	b) des durchschnittlichen Zuwachses der Gesamtmasse.	
I. Bonität	30. Jahr	70.—80. Jahr
II. „	40. „	80.—90. „
III. „	50. „	90.—100. „
IV. „	60. „	100.—110. „
V. „	65. „	110.—120. „

Die Kulminationszeit des Zuwachses wird mit dem Sinken der Bonität je um 5, auch 10 Jahre hinausgerückt. Auf der III. Bonität kulminiert der Zuwachs 15—20 Jahre später, als auf der I. Bonität.

Bei Durchforstungen und Lichtungen, bei Festsetzung des Abtriebsalters der Bestände und der Umtriebszeit, insbesondere auch bei der Mischung der Holzarten sind die Zuwachsverhältnisse stets in Erwägung zu ziehen.

§ 162. Das Wachstum im gemischten Bestande.

1. Von hohem Interesse in wissenschaftlicher und praktischer Hinsicht ist das Wachstum im gemischten Bestande. Bis jetzt stehen nur wenige Untersuchungen hierüber zu Gebot. Daher werden Mitteilungen über die Wachstumsverhältnisse gemischter Bestände aus den gegen den Bodensee gelegenen Bezirken Württembergs um so wertvoller sein, als hier Mischungen seltener Art auftreten.

Sowohl nach Boden, als nach Klima stocken die Bestände durchweg auf I. Bonität.

2. Zunächst ist das Höhenwachstum ins Auge zu fassen.

1. Württembergischer Forstbezirk Weißenau.

Abteilung Vogelsang. Alter 115 Jahre. Gemischter Bestand: Fichte, Tanne, Föhre, Buche. I. Bonität. Stammzahl pro 1,0 ha: 316.

	Durchschnittliche Höhe m	Maximum der Höhe m	Länge der Kronen m
Fichte	36,0	40,2	13,3
Tanne	34,0	38,8	12,1
Föhre	31,8	33,1	8,6
Buche	32,7	36,2	16,0
Mittlere Höhe	33,8		

2. Württ. Forstbezirk Tettnang.

Abteilung Schmalholz. Alter 125 Jahre. Gemischter Bestand: Fichte, Föhre, Buche. I. Bonität. Stammzahl pro 1,0 ha: 297.

	Durchschnittliche Höhe m	Maximum der Höhe m	Länge der Kronen m
Föhre	36,3	41,9	8,3
Fichte	38,8	41,0	20,5
Buche	27,7	28,0	20,1
Mittlere Höhe	35,9		

3. Württ. Forstbezirk Baindt.

Abteilung Unterer Schenkenwald. Alter 120 Jahre. Gemischter Bestand: Buche, Esche, Hainbuche, Eiche, Linde, Schwarzerle, Ahorn. Stammzahl pro 1,0 ha: 181.

	Höhe m	Max. der Höhe m
Buche	34,1	35,5
Esche	32,0	32,4
Übrige Holzarten	30,5	32,1
Mittlere Höhe	32,3	

Die Reihenfolge der Holzarten nach dem Höhenwachstum (§ 156) ist im gemischten Bestande mehrfach verändert. Fichte und Tanne über-

ragen die übrigen Holzarten durchweg. Die Föhre kommt aber der Buche sehr nahe (Vogelsang), wenn beide herrschend sind. Wo die Buche in den Zwischen- und Unterstand gedrängt ist, bleibt sie hinter der Föhre bedeutend zurück.

3. Das Stärkewachstum im gemischten Bestande weist die folgende Zusammenstellung nach.

	Durchmesser in 1,3 m Höhe cm Mittel	Maximum	Minimum
Abteilung: Vogelsang.			
Fichte	42,2	66	25
Tanne	45,9	60	31
Föhre	41,7	56	33
Buche	39,5	71	19
Abteilung: Schmalholz.			
Fichte	61,0	90	19
Föhre	48,1	79	31
Buche	36,6	54	23
Abteilung: Unterer Schenkenwald.			
Buche	53,2	80	32
Esche	39,2	65	28
Hainbuche	34,0	44	26
Eiche	39,8	54	29
Linde	43,6	51	33
Schwarzerle	41,4	51	36
Bergahorn	31,0	32	30

Auch bezüglich des Stärkewachstums scheint im gemischten Bestande die Reihenfolge der Holzarten sich etwas zu ändern. Die Föhre hat etwas stärkere Dimensionen als im reinen Bestande.

4. Das Massenwachstum im gemischten Bestande geht aus der folgenden Übersicht hervor.

	Alter Jahre	Stammzahl	Kreisfläche in 1,3 m qm	Derbholz Fm	Reisig Fm	Zusammen Fm
Abteilung: Vogelsang.						
Fichte	119	100	14,0	227	24	251
Tanne	125	48	7,9	130	18	148
Föhre	119	34	4,6	61	4	65
Buche	105	134	16,4	289	45	334
Ganzer Bestand	115	316	42,9	707	91	798
Abteilung Schmalholz.						
Fichte	127	65	19,0	323	49	372
Föhre	124	198	36,0	554	26	580
Buche	90	34	3,6	44	13	57
Ganzer Bestand	125	297	58,6	921	88	1009

Die Stammzahlen dieser beiden gemischten Bestände sind niedriger, als in reinen Beständen. Selbst die Föhre erreicht die Stammzahl 400 im reinen Bestande.

Die Holzmasse hängt vom Anteil der einzelnen Holzarten ab. Nimmt man die Masse von reinen Föhren- und Buchenb ständen zu rund 800 Fm an, so kommt der Bestand Vogelsang dieser Masse ungefähr gleich. Hinter dem reinen Bestand von Fichte und Tanne mit rund 1200 Fm bleibt er um 400 Fm = 33 % zurück. Der Bestand Schmalholz, in dem die Föhre weitaus vorherrschend ist, hat eine Masse, die zwischen derjenigen reiner Föhren- und reiner Fichtenbestände steht.

5. Man kann die Wachstumsverhältnisse noch auf eine andere Art klarstellen, indem man je die durchschnittliche Masse eines Stammes im reinen und im gemischten Bestande vergleicht.

Durchschnittlicher Inhalt eines 115 jährigen Stammes auf I. Bonität an Gesamtmasse

	in reinem Bestande	in gemischtem Bestande	
		Vogelsang	Schmalholz
Fichte	2,31	2,51	5,72
Tanne	2,90	3,08	—
Föhre	2,12	1,92	2,93
Buche	1,56	2,50	1,68

In der Abteilung Schmalholz ist das Wachstum der Fichten und Föhren, in geringem Grade auch der Buchen, höher als im reinen Bestande. In der Abteilung Vogelsang hat umgekehrt die Buche sich besser entwickelt als im reinen Bestande, während das Wachstum der Nadelhölzer sich nur unbedeutend von demjenigen im reinen Bestande unterscheidet. In der Abteilung Schenkenwald hat eine 125 jährige Buche einen durchschnittlichen Inhalt von 4,96 Fm (bei 53 cm Stärke).

6. Noch deutlicher treten die Unterschiede heraus, wenn wir die stärksten Probestämme, also annähernd die stärksten im Bestande vorhandenen Stämme, vergleichen.

	Stärke cm	Inhalt Gesamtmasse Fm	Inhalt des stärksten Probestammes im reinen Bestand Fm
	Vogelsang:		
Fichte	58	5,0	Zahlen für diesen stehen aus derselben Gegend nicht zu Gebot.
Tanne	58	5,1	
Föhre	49	2,5	
Buche	35	1,9	
	Schmalholz:		
Fichte	76	9,2	
Föhre	64	5,4	
Buche	41	2,3	
	Schenkenwald:		
Buche	68	9,1	

Die Buche hat ein ganz verschiedenes Wachstum, je nachdem sie, wie im gemischten Laubholzbestand des Schenkenwaldes, die dominierende Holzart ist, oder wie in den Abteilungen Vogelsang und Schmalholz, zwischen den vorgewachsenen Nadelhölzern mehr als Zwischen- und Unterstand auftritt.

7. Ein abschließendes Urteil über das Wachstum im gemischten Bestande kann natürlich auf Grund des angeführten und des sonst noch bekannten Materials nicht gegeben werden. Der Anteil der verschiedenen Holzarten an der gesamten Stammzahl und die Stellung derselben im Bestande — ob dominierend, mitherrschend oder gar beherrscht — bringen einen großen Wechsel von Bestand zu Bestand mit sich.

Da im gemischten Bestande Holzarten mit verschiedener Höhe neben einander stehen, müssen die dominierenden Stämme eine freiere Stellung haben, als im reinen Bestande. Der Zuwachs wird infolge dieser freieren Stellung sich dem der licht gestellten Bäume nähern, wie die Stärke- und Massenverhältnisse der stärkeren Stämme zeigen. Im gemischten Bestande wird also das Erwachsen starker Stämme begünstigt werden.

Ob im gemischten Bestande überhaupt eine geringere Stammzahl vorhanden ist, als im reinen und wie diese sich vom jungen Alter bis zum 120. Jahre vermindert, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Die vielfach verbreitete Annahme, daß die gemischten Bestände ganz allgemein höhere Holzmassen liefern, als die reinen, läßt sich aus dem vorhandenen Material nicht beweisen. Sie beruht auch nicht auf Messungen, sondern nur auf Schätzung. Daß die Beimischung von Föhre und Buche zu Fichte und Tanne die Holzmasse eines Bestandes nicht erhöhen kann, liegt nach den oben mitgeteilten Massenerträgen auf der Hand. Dagegen wird umgekehrt durch Beimischung der Fichte zu Buchen der Zuwachs gesteigert werden, nicht nur, weil die Fichte an sich höhere Massen produziert, als die Buche, sondern weil die Fichtenkronen über die Buchenkronen sich erheben, also in stärkerem Lichtgenuß stehen, als im reinen Bestande.

Die Untersuchungen können nur in einzelnen Beständen durchgeführt werden, da in einer Durchschnittszahl aus mehreren Beständen die Unterschiede verwischt werden. Es wird daher stets schwierig sein, das Verhältnis der zu mischenden Holzarten im voraus mit Rücksicht auf den Ertrag zu bestimmen oder der beizumischenden Holzart einen Anteil von 10, 30, 50 % zu sichern. Die spätere Entwickelung bringt Kombinationen der verschiedensten Art nach Höhe und Kronenausbreitung mit sich.

Daß je einmal Ertragstafeln für gemischte Bestände werden aufgestellt werden können, ist kaum zu hoffen.

§ 163. Das Wachstum im lichten Bestande.

1. Die lichte Stellung eines Bestandes läßt sich nicht in so scharfer Weise, wie die des geschlossenen Bestandes, charakterisieren. Die Schlußunterbrechungen durch das Fehlen oft nur eines einzigen Baumes (Dürrwerden aus unbekannten Ursachen, Schneebruch, Windwurf, Pilzeinwirkungen, Insektenangriffe, Blitz), die kleineren und größeren Lücken beim Fehlen von 2—3 und mehr Bäumen, die mangelhafte Kronenausbildung, das Absterben der Astspitzen oder ganzer Äste, was man gemeinhin das Verlichten der Bestände nennt, sind bei Fichte und Föhre, bei verschiedenen Laubhölzern, wie Aspe, Birke, Erle etc., trotz der sorgfältigsten Bestandespflege nicht zu vermeiden. Es stehen daher die einzelnen Bäume eines im allgemeinen noch geschlossenen Bestandes vielfach in mehr oder weniger lichter Stellung. An Lücken ist die lichtere Stellung nur auf einer Seite des Baumes vorhanden, bei lichtem oder verlichtetem Zustand eines Bestandes kann der einzelne Baum fast vollständig freistehen.

Die Wirkung dieser Stellung tritt am deutlichsten in der Kronenausbildung hervor. Nach der Lichtseite hin sind die Kronen besser entwickelt.

2. In lichter Stellung erwächst der Weidewald, jedenfalls in der Jugend, vielfach auch im höheren Alter, sodann der Plenterwald und der Mittelwald. Auch bei engem, jedenfalls bei weitem Verbande erwachsen die Pflanzungen in den ersten 10—15 Jahren im lichten Stande auf. Die Stockausschläge im Jungwuchse, im Niederwalde, im Unterholz des Mittelwaldes befinden sich ebenfalls einige Jahre in lichter Stellung. Endlich sind am Wald- und Bestandesrande, an allen Wegen und Abteilungsgrenzen, Schneißen und Loshieben, an Gräben, Bächen und Flüssen die äußeren Bäume auf einer Seite lichtgestellt.

Dasselbe trifft zu, was im allgemeinen zu wenig beachtet wird, für alle Bäume am Hange, um so mehr, je steiler der Hang ist. Die einseitige Ausbildung der Krone, die ungleiche Länge der Äste auf der Tal- und der Bergseite, an den am Hange übereinander stehenden Bäumen bringen das Verhältnis deutlich zum Ausdruck.

3. Die Wirkung der lichteren Stellung tritt deutlich an der Breite der Jahrringe auf der lichteren Seite hervor. Am Weg- und Bestandesrande sind die äußersten Bäume stärker zugewachsen, bei Pflanzungen bleibt schon die zweite Reihe bedeutend hinter der Randreihe zurück. Am Waldrande bringt die Einwirkung des Windes vielfach eine Verkümmerung der Kronen und geringeres Wachstum mit sich.

4. Der wesentliche Unterschied zwischen dem lichten und dem geschlossenen Bestande besteht in der Unterbrechung des Schlusses. Dadurch ist der Zutritt des Lichtes zu den tieferen Teilen der Baumkronen und eine längere Dauer der Beleuchtung ermöglicht. Sodann ist

nicht die ganze Bodenfläche überschirmt, ein Teil ist vielmehr für den Zutritt von Licht, Wärme und Regen geöffnet und abwechselnd beschattet oder belichtet. Die Wirkung des Kronenschlusses ist vermindert, selten ganz aufgehoben. Wie weit der Zuwachs der lichter stehenden Bestände hinter demjenigen der geschlossenen Bestände gleichen Alters zurücksteht, ist nicht genügend untersucht. Besondere Aufnahmen von Flächen, wie sie im großen Betriebe vorherrschen, würden die Wachstumsverhältnisse gegenüber den normal geschlossenen Flächen darzulegen haben. Leider stehen nur ganz wenig Aufnahmen aus solchen Flächen zu Gebot.

Flury hat vier solche Vergleichsflächen aufgenommen.[1]) Die Bestandeslücken betrugen bei der Fichte 4—8 % der Gesamtfläche, der Ausfall an Gesamtmasse 16—21 %. Bei der Buche entfielen 2—3 % der Fläche auf Lücken; der Ausfall betrug an Derbholz 5—12, an Reisholz 0, an Gesamtmasse 3—11 %. „Die Ausdehnung der in einem Bestand vorhandenen unbestockten Bodenfläche steht zur Massenproduktion in keinem so unmittelbaren Zusammenhange, daß man aus der Flächengröße von Bestandeslücken ohne weiteres auf den Massenausfall schließen könnte“.[2])

Die Wirkung des lichten Bestandes zeigt sich nicht nur im Wachstum, sondern auch in den Veränderungen, die der Boden erleidet.

Das Wachstum im Freilande.

§ 164. Allgemeines.

1. Freies Land sind solche Flächen, auf welchen der Baumwuchs ganz fehlt oder so vereinzelt vorkommt, daß er eine nachweisbare Einwirkung auf den Boden nicht hat.

Die Ausdehnung dieses freien Landes ist geographisch sehr verschieden. In der einen Gegend tritt das Freiland gegenüber dem bestockten Boden zurück und umfaßt nur vereinzelte, kleinere Flächen. In anderen Gegenden sind weite Ödlandflächen vorhanden, zwischen denen der bewachsene Waldgrund inselförmig sich ausbreitet. Freilandflächen von kleiner und kleinster Ausdehnung sind wohl überall vorhanden.

Die Äcker, Wiesen, Weiden, Ödland aller Art, Dünen, Fels- und Schutthalden, Steinbrüche, Lehm-, Ton- und Sandgruben, Moorflächen, angeschwemmtes Land, Seestrand, trockengelegte Seen, Teiche und Weiher, Fluß- und Bachbeete, Rutschflächen, Murgänge, Lawinenzüge, Bergböschungen, verlassene Waldwege, Holzlagerplätze müssen vielfach aufgeforstet werden. Durch Schneebruch, Wind, Insektenfraß, Feuer

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 9, 268.
[2]) 269.

entstehen ausgedehnte Flächen, die plötzlich abgeräumt und wieder bestockt werden müssen.

Endlich gibt es eine Nutzungsform der Bestände, die Kahlschlagform, welche ähnliche Verhältnisse schafft. Bei dieser wird der Bestand auf kleinerer oder größerer Fläche plötzlich vollständig abgeschlagen, so daß der Boden unbestockt oder kahl ist. In allen diesen Fällen muß der neue Bestand auf holzlosem, freiliegendem Boden, oder auf Freiland herangezogen werden.

Saaten, aber auch Pflanzungen, sind auf Freiland vielfach mißlungen. An manchen Orten zeigen sie Jahre hindurch ein kümmerliches Wachstum, erleiden starken Abgang durch Dürrwerden einzelner, in extrem trockenen Sommern fast aller Pflanzen.

Untersuchen wir nun die Wachstumsbedingungen, wie sie auf dem Freilande sich gestalten. Es muß dabei das ringsum freiliegende Land unterschieden werden von solchem, das zwischen älteren Beständen liegt und von diesen Nachbarbeständen beeinflußt wird (Kahlschläge im alten Bestande, Löcherhiebe, Lücken im alten Bestande).

2. Auf freier Fläche erreicht die Einwirkung des Lichtes das Maximum. Die Temperatur der Luft und des Bodens wird auf freier Fläche bei Tag sehr hoch steigen, bei Nacht infolge der ungehinderten Ausstrahlung sehr tief sinken. Sodann wird sämtlicher Regen zum Boden gelangen. Andererseits wird die Verdunstung — infolge der hohen Temperatur und der freien Einwirkung des Windes — ebenfalls auf den höchsten Betrag steigen. Es sind also für die Waldpflanzen dieselben Wachstumsbedingungen vorhanden, unter denen die landwirtschaftlichen Kulturgewächse stehen. Nur findet für die Regel weder Düngung noch Bearbeitung des Waldbodens statt, was eine wesentliche Veränderung der Wachstumsbedingungen gegenüber landwirtschaftlichen Pflanzen bedeutet.

Die Verhältnisse des freien Landes sind in den früheren Paragraphen wiederholt zur Darstellung gekommen und mit denjenigen unter den Baumkronen im Innern des Bestandes verglichen worden. Die im einzelnen gefundenen Ergebnisse brauchen daher nur zusammengefaßt zu werden.

Der Waldboden erfordert aber eine besondere Besprechung, weil er sich in mancher Beziehung vom Ackerboden unterscheidet.

3. Kahl im strengsten Sinne ist der Boden nur, wenn er vollständig vegetationslos ist. Im forstlichen Sinne kahl ist der Boden, wenn er keine jungen Waldpflanzen trägt. Er kann also mit Laub, Nadeln, Moos bedeckt, mit Gras bewachsen sein, gleichwohl wäre er in waldbaulicher Beziehung als kahl zu betrachten.

Als besondere Art kahlen Bodens ist derjenige Waldboden zu bezeichnen, welcher durch plötzliche Entfernung des Holzbestandes vom beschirmten und beschatteten Zustand in den freien übergeführt wird.

Die oben (§ 79—119) gefundenen Ergebnisse der Untersuchung können auch auf diesen kahlen Boden angewendet werden.

Es erheben sich aber noch weitere Fragen, welche durch die Forschungen von Wollny[1]) und Hoppe[2]) näher beleuchtet wurden.

4. Wollny untersuchte den Einfluß des Bodens und der landwirtschaftlichen Kulturarten auf die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der atmosphärischen Luft. Hoppe hat diese Untersuchungen in erwünschter Weise nach der forstlichen Seite hin ergänzt.

Aus Wollnys Beobachtungen ergibt sich[3]):

a) daß die Luft über Quarzsand am wärmsten ist (die Strahlen werden stark reflektiert), dann folgen Lehm und Kalksand, während sie über Torf am kältesten ist (die Strahlen werden absorbiert, sodann verdampft viel Wasser);

b) daß die Erwärmung der Bodenoberfläche in anderer Weise, als die der Luft stattfindet, indem der Torf sich am stärksten, Kalksand am schwächsten erwärmt, Quarzsand und Lehm zwischen beiden Bodenarten stehen;

c) daß der Einfluß des Bodens auf die Temperatur der über demselben lagernden Luftschicht mit der Höhe abnimmt.

Es beträgt nämlich das Mittel der

Lufttemperatur über	Torf	Kalksand	Lehm	Quarzsand
an der Bodenoberfläche .	20,60	18,84	20,04	20,27
in 33 cm Höhe	16,77	16,94	16,82	17,42
in 66 cm Höhe	16,64	16,78	16,91	17,06

In 33 cm Höhe ist die Lufttemperatur schon 3—4° niedriger, als an der Bodenoberfläche. Junge Saaten auf der Kahlfläche befinden sich also in anderer Lufttemperatur, als Pflanzen von 30—70 cm Höhe. Da die Wurzeln der Saatpflanzen noch wenig in die Tiefe gedrungen sind, ist deren vielfaches Dürrwerden — das „Mißlingen der Saaten" — erklärlich. Die erhöhte Lufttemperatur steigert die Transpiration in hohem Grade, während die Wurzeln das nötige Wasser nicht zuzuführen vermögen.

5. Waldbaulich ebenso interessant sind sodann die Untersuchungen Wollnys über den Einfluß der Pflanzendecke auf die Lufttemperatur. Er benützte ein Kleefeld oder ein Grasfeld neben einem Brachfeld zur Beobachtung. Seinen Zahlen ist zu entnehmen[4]), daß die Luft über einem mit einer Pflanzendecke versehenen Felde bedeutend kühler ist, als über einem brachliegenden, und daß

[1]) Forschg. 7, 209; 8, 285.

[2]) Mitt. d. österr. V.-A. 20. Heft (1895): Einfluß der Freilandvegetation und Bodenbedeckung auf die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft.

[3]) A. a. O. 7, 215.

[4]) A. a. O. 7, 225.

die Temperaturschwankungen der Luft über einer Grasdecke geringer sind, als über einem Brachfelde.

Die Lufttemperatur ist gegenüber dem Brachfeld über einem

Kleefeld		Grasfeld		Grasfeld	
		niedriger in einer Höhe von			
m	Grad	m	Grad	an der Boden-	
0,40	2,10	0,50	0,85	oberfläche .	1,37
0,75	0,84	0,90	0,60	bei 0,30 m . .	0,68
2,00	0,34	2,00	0,24		—

Es ist also ein großer Unterschied, ob auf einer vollständig kahlen (brachen) oder einer begrasten Fläche gesät oder gepflanzt wird, ob höhere oder niedrigere Pflanzen verwendet werden. Je nach der Höhe sind die Pflanzen von höherer oder niedrigerer Lufttemperatur beeinflußt.

Eine Berasung wird — abgesehen vom Wasser- und Lichtentzug — bei stark sich erwärmenden Bodenarten durch Herabsetzung der Temperatur von Nutzen sein können. Bei kalten Bodenarten oder in höheren Lagen wird die Grasdecke die Lufttemperatur noch mehr herabsetzen und leichter die Frostgefahr herbeiführen können. Letztere Wirkung mögen einige Zahlen deutlich machen, welche aus den Angaben Wollnys berechnet sind.

Über dem Kleefeld war die Lufttemperatur niedriger (Juli 1880) in einer Höhe über dem Boden von

	2,0 m						0,75 m						0,40 m					
	Datum						Datum						Datum					
	1.	7.	8.	16.	17.	18.	1.	7.	8.	16.	17.	18.	1.	7.	8.	16.	17.	18.
12 Uhr morgs.	—	0,4	—	0,2	0,6	0,2	0,6	2,0	1,0	1,8	1,4	0,8	1,4	2,9	2,6	2,0	2,2	2,5
2 Uhr ,,	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	1,0	1,2	0,6	1,3	1,4	1,2	1,2	2,4	1,4	2,4	2,8	2,0
4 Uhr ,,	—	(+ 0,2)	0,2	0,2	0,2	—	0,4	0,8	0,4	1,8	1,4	0,6	1,4	1,6	1,2	2,6	3,0	1,4
6 Uhr ,,	—	(+ 0,4)	—	—	0,2	—	(+ 0,1)	0,4	0,6	1,3	2,0	1,5	1,6	1,4	2,4	2,6	3,2	3,0

Die Temperatur über dem Kleefelde ist in 0.40 m Höhe 2—3° niedriger, als über dem Brachfeld; in 0,75 m Höhe beträgt der Unterschied nur noch 0,5—1,5, in 2,0 m Höhe nur noch 0,2°. Die sog. „Frosthöhe“, d. h. die Höhe, bis zu welcher die Pflanzen leicht erfrieren, tritt in obigen Zahlen deutlich hervor. In Mulden kann noch die Ansammlung kalter Luft hinzukommen; in solchen erreicht die Frosthöhe dann 2—4 m.

6. Wollny[1]) untersuchte ferner die Feuchtigkeit der Luft über Grasland und Brachland.

Es betrug

	Grasland	Brachland
Die relative Feuchtigkeit	55,2 %	48,8 %
Der Wassergehalt in 1 cbm Luft	12,62 g	11,02 g

[1]) A. a. O. 8, 285.

Die Feuchtigkeit der Luft über Grasland ist höher als über Brachland; bei 2,0 m Höhe ist jedoch der Unterschied schon um die Hälfte geringer. Der bestockte Boden verdunstet nämlich größere Wassermengen als der brachliegende; eine Tatsache, welche für die Beurteilung der Kahlschlagwirtschaft von Wichtigkeit ist.

Wollny gibt folgende Zahlen an, die von Vogel ermittelt wurden: Vom 21. April bis 6. August verdunsteten pro 1 □ Fuß

	Tonboden g	Kalkboden g
Ohne Pflanzen	7 044	7 561
Klee	17 828	19 299
Hafer	21 692	22 919

Eser[1]) fand für 31. August bis 20. September 1883 eine Verdunstung

bei Gras von 6431 g bei Brachland von 3120 g.

Wollny gibt die Verdunstung vom 19. Juni bis 24. September 1878 an[2]).

Reiner Kalksand mit Gras	6282 g	brach	5236 g
Humoser Kalksand mit Gras	6604 g	,,	4966 g.

Wenn der Wasservorrat im Boden durch die Pflanzen ziemlich erschöpft ist, geht die Verdunstung etwas zurück. Am allgemeinen Verhältnis der Verdunstung wird aber nichts geändert.

Je feuchter der Boden ist, um so größer ist die durch die Pflanzen verdunstete Wassermenge. Sie beträgt vom 4. Juni bis zum 27. September 1882 von einer Grasfläche von 314 qcm g bei

	75 %	50 %	25 %
	der größten	Wasserkapazität	des Bodens
Grasfläche I	21 315	16 360	8 889
Grasfläche II	22 721	15 435	10 014

Solange eine kahle Fläche ohne Pflanzen ist, wird ihre Verdunstung gering sein; sie steigt aber sofort auf das 2—3 fache, wenn der Boden mit Gras sich überzieht.

Die Bodenarten zeigen bezüglich der Verdunstung erhebliche Unterschiede, so daß die Feuchtigkeit der Luft verschieden von ihnen beeinflußt werden muß: über Sand ist die Luft trockener, als über Lehm und Torf.

Es verdunsteten von 1000 qcm Fläche g

1883	Quarzsand	Kalksand	Lehm	Torf
5. Juni bis 6. Juli	4465	4535	5248	7078

Über Wiesen ist die Luft feuchter als über Ackerland, ebenso ist sie feuchter über bewässerten, als über unbewässerten Flächen. In

[1]) Forschg. 7, 87. 89.

[2]) A. a. O. 8, 293.

muldenförmigen Vertiefungen und an Nordabhängen ist die Luft feuchter, als auf benachbarten geneigten Flächen oder an Südhängen.

Je ausgedehnter die Flächen sind — dies ist für die Beurteilung großer Ödflächen oder großer Kahlflächen von Wichtigkeit — um so mehr werden die Einflüsse der Bodenart und der Vegetation hervortreten.

7. Von praktischem Interesse ist noch die Frage, wie abgemähte Flächen sich in Bezug auf die Verdunstung verhalten, wie also die Grasnutzung in Pflanzungen und Jungwüchsen zu beurteilen ist.

Wollny[1]) teilt als Ergebnis besonderer Versuche mit, daß die Verdunstung von 314 qcm Fläche betrug g

5.—29. Juli	Abgemäht	Nicht abgemäht
Grasfläche I	3856	5430
,, II	4161	5819

Die abgemähte Fläche hatte weniger Wasser verdunstet. Das Abmähen des Grases, die Entfernung des Unkrautes wird also die Beschattung des Bodens vermindern, aber die Verdunstung wird trotzdem sinken. In trockenen Jahren wird von dieser Feststellung praktischer Nutzen gezogen werden können; das Gras muß abgemäht, das Unkraut entfernt werden.

8. Für praktische Zwecke sind die Beobachtungen Hoppes deshalb von besonderem Interesse, weil er auch über Moos und Nadelstreu die Luft untersuchte.

Er gibt in nachstehender Übersicht die im Mariabrunner Versuchsgarten gewonnenen Ergebnisse wieder[2]):

Bodenbedeckung	In 30 cm Höhe Lufttemperatur	Feuchtigkeit absolute mm Dampfdruck	Feuchtigkeit relative %
Flacher Schotter . . .	25,0	11,00	46,6
Tiefer Schotter	25,4	11,01	45,5
Moos	25,7	11,04	44,9
Nadelstreu	25,8	11,17	45,2
Brache	25,3	11,08	46,0
Bretter	25,6	10,85	44,4
Wiese	24,6	12,26	53,2
Lehm	25,1	11,01	46,5

Es ergibt sich ,,ein sehr beträchtlicher Unterschied der Luft über lebloser oder über lebender Bodendecke, welcher sich mit 1 ° C in der Lufttemperatur, 1,41 mm in Bezug auf Dampfdruck und mit 8,8 % in Bezug auf relative Feuchtigkeit beziffert.

[1]) A. a. O. 8, 311.

[2]) A. a. O. 12, 13.

„Streu-, Moos- und Bretterauflage und in gewissem Grade auch die dicke Schotterschichte schützen den Boden vor Wasserverdunstung; die Luft über denselben besitzt daher (in trockenen Zeiten) eine geringere relative Feuchtigkeit, als über der Brache, dem Lehm und dem flachen Schotter; Hand in Hand damit geht die Wärmeersparnis, welche sich in einer stärkeren Wärmeausstrahlung und in Lufttemperaturerhöhung über Streu, Moos und Bretterboden äußert".

Hoppe hat für einzelne Stunden die Feuchtigkeit über Wiesen und Brachboden berechnet; er fand die Luft über Rasen feuchter

	9 Uhr	11 Uhr	1 Uhr	3 Uhr	5 Uhr
um	3,7	6,5	5,2	4,8	1,9 %

Auf Grund von Beobachtungen im Versuchsgarten von Mariabrunn und im Marchfelde — hier waren die Flächen der verschiedenen Kulturarten bis zu 20 ha groß, im Versuchsgarten 25—28 qm — kommt Hoppe (wie Wollny) zu dem Schlusse[1]), daß „der Unterschied der Feuchtigkeit und Temperatur der Luft über vegetativer und toter Bodendecke abhängig ist von der Größe der einflußübenden Fläche; je größer die Fläche ist, desto reiner, deutlicher und höher vermag sie ihren Einfluß geltend zu machen. Eine Freilandstation wird bei bewegter Luft so ziemlich die dem Durchschnitte der Bebauung der Felder entsprechenden Lufteigenschaften haben; sie wird aber bei ruhiger Luft von ihrer Unterlage, resp. ihrer allernächsten Umgebung abhängig sein[2])".

Bei Beurteilung von Kahlschlägen wird also die Größe der Fläche, der Boden an sich und die Bodendecke beachtet werden müssen.

9. Die weiteren Gesichtspunkte, die bei kahl liegendem Boden noch in Betracht kommen, schließen sich zweckmäßig an die Erörterung über den Kahlschlag an. Auf die Vorgänge im Boden unmittelbar nach dem Kahlschlag kann die Wirtschaft einen gewissen Einfluß ausüben, bei dem seit langer Zeit kahl liegenden Ödlandboden ist dies nicht der Fall. Die chemischen und physikalischen Veränderungen des Bodens sind aber in beiden Fällen nicht wesentlich von einander verschieden.

§ 165. Die Kahlschlagfläche insbesondere.

1. Werden die alten Bäume eines Bestandes plötzlich geschlagen, ohne daß auf dem Boden junge Pflanzen sich befinden, so bezeichnet man einen solchen Hieb als Kahlhieb oder Kahlschlag. Wird diese Art des Hiebes grundsätzlich durch den ganzen Wald durchgeführt, so spricht man von Kahlhieb- oder Kahlschlagwirtschaft.

Da auf der kahl geschlagenen Fläche kein natürlicher Jungwuchs sich befindet, so muß der neue Bestand künstlich, durch Saat oder Be-

[1]) A. a. O. 59.

[2]) Kraus a. a. O. S. 102—155 kommt zu ähnlichen Ergebnissen.

pflanzung begründet werden. Mit dem Begriff Kahlschlagwirtschaft wird daher der Begriff der künstlichen Verjüngung in der Regel verbunden („Kahlschlagwirtschaft mit künstlicher Verjüngung“). Dies ist nicht ganz richtig, weil bei der Seitenverjüngung der Kahlschlag mit natürlicher, allerdings nach dem Hieb erst eintretender Ansamung verbunden ist. Auch bei den Löcherhieben kann Kahlschlag auf kleiner Fläche ausgeführt werden, die sich nach dem Schlage erst besamt. Es gibt also auch Kahlschlagwirtschaft mit natürlicher Verjüngung. Allerdings tritt diese letztere gegenüber der Kahlschlagwirtschaft mit künstlicher Verjüngung der Ausdehnung nach zurück. Bei den weiteren Ausführungen wird die Kahlschlagwirtschaft mit künstlicher Verjüngung hauptsächlich ins Auge gefaßt werden.

2. Dem plötzlichen und vollständigen Abtrieb des alten Holzes steht der allmähliche Abtrieb gegenüber. Dem gesamten alten Bestand wird beim jedesmaligen Hiebe nur ein Teil der Bäume ($^1/_3$, $^1/_5$, $^1/_{10}$) entnommen („allmählicher Abtrieb“), so daß bis zur vollständigen Entfernung des alten Holzes 2—3—4 Hiebe nötig sind. Da dieses allmähliche Abtreiben des alten Holzes in der Regel mit Rücksicht auf die vorhandenen jungen Pflanzen („die Verjüngung“) geschieht, so wird mit dem Begriff des allmählichen Abtriebs meistens der Begriff der natürlichen Verjüngung verknüpft.

Es wird also der allmähliche Abtrieb mit natürlicher Verjüngung dem Kahlschlag mit künstlicher Verjüngung gegenübergestellt.

Die Kahlschlagwirtschaft wird angefochten nicht so fast wegen der Kahlhiebe, welche ausgeführt werden, als wegen der ungünstigen Veränderung des Bodens und der gleichzeitig notwendig gewordenen künstlichen Verjüngung. Es werden also verschiedene Gesichtspunkte nicht scharf auseinandergehalten, wodurch die Behandlung der ganzen Frage unklar werden muß.

In der praktischen Wirtschaft wird nur ausnahmsweise ein System allein angewendet; beide treten gleichzeitig auf, nur kann das eine oder andere der Ausdehnung nach vorherrschen. Wo keine natürliche Verjüngung zu erwarten ist, wird kahlgeschlagen und gepflanzt. Natürlich besamte Stellen werden auch beim Kahlhiebsystem beachtet.

Die wissenschaftliche Untersuchung muß sich zunächst auf die Kahlhiebsfläche und die durch den Kahlhieb herbeigeführten Änderungen der Wachstumsverhältnisse erstrecken.

3. Hinsichtlich der Kahlschlagwirtschaft ist noch ein Umstand hervorzuheben, der zum Teil mit der Größe des Besitzes zusammenhängt. Bei kleinem und selbst mittlerem Besitz wird außerhalb des Gebirges im Winter der Kahlschlag ausgeführt. Vielfach ist bei der Fällung die Baumrodung üblich, oder das Stockholz wird nach dem Hiebe ausgegraben. Kurz darnach wird diese Fläche angesät oder angepflanzt.

In diesem Falle ist wohl ein Kahlhieb, aber keine kahle Fläche vorhanden. Beim Großbesitze kommt es dagegen vielfach vor, daß in einem Winter der Kahlschlag ausgeführt, im darauffolgenden Sommer das Holz vom Käufer abgefahren, im gleichen Sommer das Stockholz gerodet wird. Die Saat oder Pflanzung wird also 1 oder z. B. bei der Rüsselkäfergefahr auch 2, selbst 3 Jahre nach dem Hiebe ausgeführt, so daß die Fläche 1—3 Jahre kahl liegt. In diesem letzteren Falle handelt es sich also um unbestockte Flächen, die kürzere oder längere Zeit dem Einfluß der atmosphärischen Einwirkungen ausgesetzt sind. Bei ausgedehntem Sturm-, Schnee- und Insektenschaden, nach großen Waldbränden können die kurz vorher noch bestockt gewesenen Flächen 5—10 Jahre kahl liegen. Bei Ödland kann der Zeitraum des Kahlliegens Jahrzehnte und Jahrhunderte umfassen.

Auch die Größe der kahlen Fläche ist zu beachten, da die Wirkungen um so stärker sind, je größer die Fläche ist (§ 164, Z. 7). Je größer der Besitz ist, um so größer werden im allgemeinen die jährlichen Schlagflächen sein. Bei sehr kleinem Besitze wird der Kahlschlag nur ausnahmsweise angewendet werden.

Suchen wir nun, die wesentlichen Punkte der Kahlschlagwirtschaft herauszustellen.

4. Wird der alte Bestand plötzlich abgeschlagen, so ist der Boden in den meisten Fällen nicht unbedeckt, nicht nackt. Nadeln, Laub lagern auf dem Boden. Der untere Teil dieser Nadel- oder Laubschicht befindet sich in Verwesung: Moder, Mull, Modererde, gewöhnlich Humus genannt, sind die Produkte dieser Verwesung. Im Nadelholze findet sich etwa vom 40.—50. Jahre an eine Moosdecke auf dem Boden vor, die manchmal auch im Laubwalde zu treffen ist. An nassen oder an lichten Stellen können Farne, Binsen, Gräser und Forstunkräuter verschiedener Art sich einstell n. Es ist also in der Regel nicht der nackte Boden — solcher kann sich an einzelnen Stellen übrigens auch finden, wird jedoch die Ausnahme bilden — sondern bedeckter Boden, der durch den Kahlschlag zunächst bloßgelegt wird.

Bei Fällung, Aufarbeitung und Abfuhr des Holzes wird diese Bodendecke zerschlagen, zerkleinert, zertreten und teilweise mit der obersten Bodenschichte vermischt. Der Boden selbst wird stellenweise aufgerissen, aufgewühlt und dadurch gelockert.

5. Wenn nicht Baumrodung beim Kahlhieb vorgenommen wird, so sind Stöcke auf der Kahlfläche vorhanden. Diese werden entweder belassen oder ausgegraben. Im ersteren Falle tritt eine allmähliche, übrigens oft Jahrzehnte lang dauernde Vermoderung und Verwesung des Stock- und Wurzelholzes ein; ein Teil der Verwesungsprodukte wird zu den Wurzeln der ringsum stehenden jungen Pflanzen gelangen.

Werden die Stöcke — sei es durch Baum-, sei es durch Stockrodung — entfernt, so findet ein Aufgraben der Erde, eine Vermischung der Bodenschichten beim Wiedereinfüllen der Stocklöcher statt. Zugleich wird der Boden gelockert und in den Stocklöchern weniger dicht gelagert werden, als es im nicht gerodeten Teil der Fläche der Fall ist. Durch das Ausgraben der gröberen und feineren Wurzeln wird die Bewegung der Luft und des Wassers im Boden verändert und vorteilhafter gestaltet, wie das gute Wachstum auf den Stocklöchern beweist. Die Stocklöcher dürfen aber nicht zu naß sein; auch darf nicht der rohe Boden obenauf zu liegen kommen. Da Gras, Holzstückchen, Rinde, Moder usw. dem Boden beigemengt werden, so erfährt dieser eine Bereicherung an organischen und unorganischen Stoffen. Andererseits werden ihm mit dem Stockholze organische und unorganische Bestandteile entzogen. Da von Stockholz chemische Analysen nicht gemacht worden sind, müßte der Berechnung vorläufig der Aschengehalt des Stammholzes zugrunde gelegt werden.

6. Bei kleinem und mittlerem, seltener bei größerem Besitz, wird die im Winter kahlgeschlagene Fläche im darauffolgenden Frühjahr durch Saat oder Pflanzung, oder durch natürliche Seitenverjüngung wieder in Bestockung gesetzt. Ein Bloßliegen des Bodens findet in diesem Falle nur während der Wintermonate statt; vom Frühjahr an ist wenigstens ein Teil des Bodens von Pflanzen bestockt und in geringem Grade auch beschattet. Hoppe[1]) hat jedoch nachgewiesen, daß die Einwirkung der Kahlhaltung des Bodens nach dem Abtriebsschlage und während der Begründung und Heranziehung des neuen Bestandes sich im Laufe der Jahre steigert und zwar mindestens bis zum 10. Jahr. Das auf manchen Bodenarten zu beobachtende geringe Wachstum von Pflanzungen während der ersten Jahre nach der Ausführung wäre auf jene Veränderung zurückzuführen.

Das Auftreten von Senecioarten im ersten, von Epilobiumarten im zweiten, auch noch im dritten, dann von Gräsern verschiedener Arten in den folgenden Jahren ist ein Beweis, daß Veränderungen in der obersten Bodenschichte dieser Kahlschlagflächen vor sich gegangen sind.

Die chemischen, physikalischen und physiologischen Eigenschaften des Bodens sind durch die Einwirkung der Atmosphärilien in mehr oder weniger bedeutendem Grade umgestaltet worden, wie besondere Untersuchungen ergeben haben[2]).

7. Die vom alten Bestande entblößte und nach allen Seiten hin vollständig freiliegende Bodenfläche wird wärmer, da die volle Sonnen-

[1]) Über Veränderung des Bodens durch Abholzung. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen 1898, 51.

[2]) Vergl. insbesondere C. von Seelhorst, Der Verbleib des Gründüngungsstickstoffs im Sandboden auf Grund von Vegetationsversuchen. Arbeiten der Deutschen Landw.-Ges. Heft 241, 1913.

strahlung sie trifft. Sie wird feuchter, da ihr die Niederschläge vollständig zu Teil werden. Die Verdunstung wird gesteigert und dadurch die Bodenfeuchtigkeit wieder etwas vermindert, aber die Kahlfläche bleibt doch feuchter, als der Boden unter dem alten Bestand. Die Folge der erhöhten Temperatur und Feuchtigkeit ist eine raschere Verwesung der organischen Substanz, eine Vermehrung des Kohlensäuregehalts des Bodens, eine Anreicherung des Bodens an organischen und unorganischen Bestandteilen. Die Mineralstoffe werden durch das kohlensäurehaltige Wasser in den leichter löslichen Zustand übergeführt. Das etwa vorhandene Gras und Unkraut geht in Verwesung über und vermehrt ebenfalls den Gehalt des Bodens an organischer Substanz[1]).

Ob die Zahl der Bakterien während der Schlagruhe eine erhebliche Vermehrung erfährt, ist noch nicht sicher nachgewiesen.

Untersuchungen von Acker- und Wiesboden haben diese chemischen Vorgänge festgestellt. Solange wir keine Untersuchungen des Waldbodens vergleichen können, müssen die Ergebnisse der Untersuchung des Feldbodens als Anhaltspunkte dienen.

8. Diesen günstigen Veränderungen des Bodens stehen aber die Nachteile der Auswaschung gewisser Bodenbestandteile, insbesondere des Stickstoffs und des Kalkes, auch des Kalis gegenüber.

Die Verhältnisse des mit Laub und Nadeln bedeckten und in der oberen Schichte humosen Waldbodens kommen denjenigen ziemlich nahe, welche durch Gründüngung und Unterbringung von Lupinen etc. im Boden entstehen. Nun hat v. Seelhorst nachgewiesen[2]), daß der Stickstoff der Gründüngungspflanzen „zum größten Teil ausgewaschen" wird, sofern er nicht zu den Ernten verbraucht wird. Pfeiffer[3]) kommt auf Grund seiner Untersuchungen ebenfalls zu dem Schlusse, daß die Brache (= Schlagruhe des Waldbodens) „ein Raubbau" auf Stickstoff sei, daß die Auswaschung bei Brache größer sei, als auf bestandenem Acker. Diese Erscheinung ist im Waldboden längst beobachtet, wenn auch nicht ganz richtig gedeutet worden. Nach dem Kahlschlag verschwindet der Humus aus der obersten Bodenlage, er „verflüchtigt" sich. Das „Verflüchtigen" findet bei Ammoniakbildung statt, da in vielen Fällen sich keine Salpetersäure bildet. Legt man Nadeln oder Laub auf den freien Boden und setzt sie der Verwesung aus, so entsteht schon im ersten Jahre teilweise Mull, der im zweiten Jahre „verschwindet", d. h. zum größten Teil vom Regen ausgewaschen wird.

Auch die übrigen Mineralsubstanzen werden ausgewaschen. Phosphorsäure ist „immer nur in Spuren im Drainwasser" nachzuweisen,

---

[1]) Seelhorst a. a. O. 15. 19. 117. Rümker a. a. O. 5. 61. 67.

[2]) A. a. O. 87.

[3]) Stickstoffsammelnde Bakterien. Brache und Raubbau. 1904. Referat im Centralbl. für Agrikulturchemie 34, 599.

Kalk, Kali und Schwefelsäure treten in größeren Mengen auf. Nur die Auswaschung von Kalk soll noch näher betrachtet werden.

v. Seelhorst hat die aus einem Sandboden während eines Jahres ausgewaschenen Mengen von Kalk zu 381,6 bis 678,5 kg pro ha berechnet[1]). Münst stellte fest, daß die Auslaugung von Kalk durchschnittlich bis 1,5—2,0 m Tiefe in den Kiesen und Sanden bestimmter Schichten reiche. „Der größte Teil des ausgelaugten Kalkes gelangt in das Grundwasser und wird von den Bächen und Flüssen fortgeführt" [2]).

Auch der in die Stocklöcher wieder eingeführte Boden unterliegt einer starken Auslaugung, wie wir aus der starken Auswaschung des in Kästen frisch eingefüllten Bodens schließen müssen[3]). Werden die Nährstoffe und das Wasser dagegen von den Pflanzen in Anspruch genommen, so findet nur eine geringe Auswaschung statt. Die üppige Vegetation auf Stocklöchern beruht auf dem großen Vorrat an Nährstoffen, die zur Vegetation verbraucht werden.

Die Auswaschung geht um so stärker vor sich, je höher die Drain- oder Sickerwassermengen sind. Da diese von der Regenmenge abhängig sind (§ 91), muß der Grad der Auswaschung geographisch verschieden sein.

Allerdings wird der humose Waldboden sowohl das Wasser, als die gelösten Nährstoffe bis zu einem gewissen Grade festhalten. Allein nach den Ergebnissen der Untersuchung landwirtschaftlichen Bodens findet zweifellos auf der Kahlfläche eine erhebliche Auslaugung von Stickstoff und Kalk statt. Der Grad der Schädlichkeit dieser Auswaschung hängt vom Gehalt des Bodens an Nährstoffen überhaupt ab. Wenn der Boden einen hohen Mineralgehalt hat und ein fortwährendes Anreichern durch die Verwitterung stattfindet, wird der Gehalt des Bodens nur in langen Zeiträumen erheblich vermindert werden. Im Sandboden oder bei großer Durchlässigkeit des Untergrundes auch im Lehmboden kann die Verarmung des Bodens in kurzer Zeit eintreten und der Nährstoffgehalt auf das Minimum reduziert werden.

Neben den chemischen Prozessen müssen die physikalischen Vorgänge im kahl liegenden Boden in Betracht gezogen werden.

9. Nähere Untersuchungen über kleine Kahlschläge auf Sandboden sind von Ramann angestellt worden.[4]) Sog. Lochkahlschläge bei Eberswalde veranlaßten ihn, die Änderung der physikalischen Eigenschaften und des Wassergehalts des Sandbodens auf solchen Kahlflächen zu untersuchen. Er fand vortreffliches Gedeihen der Pflanzen auf den beschatteten, vor direkter Besonnung geschützten Teilen der Fläche,

[1]) A. a. O. 120.

[2]) Erläuterungen zur Geol. Spezialkarte von Württemberg, Blatt Tettnang. 1913, S. 53.

[3]) Seelhorst 117.

[4]) Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1897, 697.

dagegen langsamen, oft jahrelang verzögerten Wuchs auf den besonnten Stellen. Die „Löcher" waren 8—28 a groß. Eine erhebliche Verdichtung des Sandbodens war nach 1—2 Jahren nicht eingetreten, dagegen war der Humusgehalt auf den besonnten Stellen wesentlich geringer.

Über den Wassergehalt des Bodens in einem sog. Rundloch von je 7 a Größe in der Oberförsterei Biesental in der Zeit vom 10. Mai bis 23. August 1895 gibt Ramann nachstehende Prozentzahlen an:

	Oberfläche	15 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm tief
Besonnte Seite des Rundlochs	7,52	7,05	4,95	3,41	2,89	2,93
Beschattete Seite des Rundlochs	11,73	8,37	7,05	5,53	5,28	4,76
Unter Altbestand . .	8,31	5,15	3,96	3,01	3,22	2,90
Unter einem 13 jähr. Buchenhorst . . .	11,48	4,88	3,47	2,98	3,73	4,32

Die Feuchtigkeit im Boden des Altbestandes bleibt also erheblich hinter derjenigen baumfreier Flächen zurück. Durch den Kahlschlag wird die Feuchtigkeit im Boden erhöht. Jüngere Buchen erschöpfen insbesondere die mitteltiefen Schichten an Wasser. Die Austrocknung der besonnten Fläche durch die Sonne vermindert den Wassergehalt so bedeutend, daß er dem unter dem Altbestand gleichkommt, in ebenen Lagen aber nicht unter ihn sinkt.

„Wesentlich ungünstiger gestaltet sich die Wasserverteilung für die besonnte Fläche des Sandbodens, wenn diese am Hange liegt.

14. Juni bis 23. Aug. 1895	Oberfläche	15 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm tief
Besonnte Seite . . .	4,06	2,84	2,95	2,59	3,01	3,41
Beschattete Seite . .	7,65	6,63	5,63	3,99	4,21	5,03
Unter Altbestand . .	8,02	4,42	3,88	3,58	3,72	6,25

Geneigte besonnte Flächen in Waldlichtungen unterliegen einer tiefgehenden Austrocknung; der Wassergehalt im Sandboden kann nicht unerheblich unter den des Bodens der Altbestände sinken.

Diese Wirkungen rühren weniger von der Einwirkung des Windes, als von der Sonnenbestrahlung her.

Die Rundlöcher waren, wie bemerkt, je 7 ar groß. Bei kleineren Rundlöchern ist infolge der seitlichen Beschattung die Bestrahlung jedenfalls geringer. Bei der praktischen Verwertung dieser Beobachtung müßten also kleinere Rundlöcher gemacht und ihre Form so gewählt werden, daß die Längsachse nicht von Ost nach West, sondern von Süd nach Nord gelegt wird. Dadurch würde die Austrocknung vermindert, allerdings auch die Einwirkung des Lichtes geschmälert. Besonders hervorzuheben ist, daß die Niederschläge bei Eberswalde auf dem dortigen Sandboden vom April bis August 1895 nur 210 mm betrugen. Die Ergebnisse für Gegenden mit 5—800, ja 1000—1200 mm sommerlicher Niederschläge würden wohl andere sein.

10. Hoppe[1]) hat bei Wien auf Lehmboden am Südwesthange (5—10°) ähnliche Untersuchungen angestellt. Die Niederschläge von April bis August betragen 457 mm.

	Bodenfeuchtigkeit in Gewichtsprozenten					
	auf der Kahlschlagfläche in der Tiefe von			im Buchenbestand (140 jähr.) in der Tiefe von		
	15—25	40—50	65—75 cm	15—25	40—50	65—70 cm
Abteilung 12 a	18,71	16,83	18,22	17,10	14,28	13,51
Abteilung 13 a	16,85	14,42	16,14	15,25	12,52	12,72

„Der Boden des Altbestandes war vom März bis November in den oberen Schichten zumeist, in den unteren aber stets trockener, als der Boden der besonnten Kahlschlagfläche". Der Unterschied wächst bis zum August; in diesem Monat steigt er bis auf 5 und 7 %. Die von Ramann für Sandboden beobachtete Erscheinung scheint für Lehmböden nicht zuzutreffen, denn unter dem Altbestand ist der Lehmboden erheblich trockener, als auf der besonnten Kahlfläche.

Hoppe schließt seine Abhandlung mit den Worten: Jene Faktoren, welche eine relative Ansammlung der Bodenfeuchtigkeit unter dem Altholze begünstigen könnten, nämlich

1. die stärkere Beschattung durch die mächtigen Baumkronen, welche die Insolation und die dadurch verursachte Verdunstung aus dem Boden und aus der Streulage vermindert;

2. die Mäßigung der die Verdunstung aus dem Boden fördernden Winde und Luftströmungen;

3. das Festhalten von Niederschlägen und Tau durch die Streudecke und den beträchtlichen Humusgehalt der oberen Bodenschichten sind in ihrer Gesamtwirkung weniger mächtig, als jene Faktoren, welche auf der Schlagfläche eine relative Stärkung der Bodenfeuchtigkeit bedingen:

1. die gleichmäßige Verteilung der ungemindert zu Boden gelangenden Niederschläge,

2. der weit geringere Wasserverbrauch zu Transpirationszwecken der Gewächse.

11. Eine Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit im alten Bestande wird allerdings durch stärkere Durchforstungen oder schwache Lichtungen bewirkt.

Hoppe hat zwei Buchenflächen im 60 jährigen Bestande untersucht.

	Stammzahl pro ha	Kreisfläche qm	Wassergehalt des Bodens in Gewichtsprozenten 25—30 cm Tiefe	70—75 cm Tiefe
Fläche I (Vollbestand)	1116	30,5	15,48	14,52
Fläche IV (gelichtet)	332	15,3	15,88	15,15

[1]) Centralbl. f. d. ges. Forstwesen 1900, Heft 6.

Die lichter und räumlicher bestandene Einzelfläche IV war im Durchschnitt feuchter als die durch einen dichten Kronenschluß beschattete Einzelfläche I, obwohl der Humusgehalt der Fläche IV nur 1,70% gegen 2,09% in Fläche I betrug. Auch die Wasserkapazität war in IV etwas niedriger (46%) als in I (49%).

12. Über „weitere Veränderungen des Bodens durch Abholzung" hat Hoppe in Niederösterreich Untersuchungen angestellt. Er hat insbesondere die physikalische Zusammensetzung des Bodens, den Humusgehalt, den Glühverlust, das Volumgewicht und die Wasserkapazität der Feinerde bestimmt.

Der Boden war Lehmboden und stammte aus Fichten-, Föhren- und Buchenbeständen.

Die Hauptergebnisse der umfangreichen Tabellen A bis E treten bei den Gegenüberstellungen von Boden aus dem Altholze und von der kahlen Schlagfläche deutlich hervor.

Obere bis 5 cm reichende Schichte.

	Korngröße unter 0,25 mm (Flugsand, Staub) %	Humusgehalt in %	Volumgewicht der Feinerde 100 cbcm	Wasserkapazität in Gewichts- %	Wasserkapazität in Volum- %
Abteilung 3 und 4.	Fichtenboden.				
Altholz	47,80	11,51	94	92	86
Schlagfläche, 2 jährig	44,89	9,33	98	77	76
Kulturfläche, 4 jährig	36,14	6,53	103	59	61
Abteilung 18.					
Altholz	49,21	9,36	103	82	85
Schlagfläche, 2 jährig	48,48	7,86	105	62	65
Kulturfläche, 5 jährig	48,92	9,42	105	66	69
	Föhrenboden.				
Altholz	43,86	2,11	135	48	65
Schlagfläche, 6 jährig	31,70	1,41	146	42	62
Schlagfläche, 8 jährig	27,90	1,50	147	41	60
Lebereck.	Buchenboden.				
Altholz	61,83	6,88	108	73	79
Schlagfläche, 3—15 jährig	52,05	6,16	112	53	72

„Die volle Wasserkapazität bedeutet jene Wassermenge, welche eine Gewichts- oder Volumeinheit aufzunehmen vermag, wenn alle kapillaren Hohlräume derselben mit Wasser erfüllt sind. Die Zahlen der Wasserkapazität sind die bedeutungsvollsten Kriterien für die Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften der Waldböden und sind besonders belangreich bei der Untersuchung der Wirkung des Kahlschlags".

„Allerdings ist strenge zu unterscheiden zwischen Lehmböden und Sandböden einerseits und zwischen der bestandbildenden Holzart andererseits“.

13. Hoppe hat diese Vorgänge auf der Kahlfläche noch weiter untersucht, indem er Boden von Kahlflächen mit solchem unter dem Bestandesschlusse verglich. Es ergab sich

a) daß in älteren Kahlschlägen der Boden in der obersten Schicht eine geringere Menge kleinster Bodenpartikel zeigte;

b) daß eine beträchtliche Abnahme des Humusgehalts stattfindet; diese ist um so größer, je reicher der Boden an Humus war und in Nadelholzflächen relativ größer als in Laubholzflächen;

c) daß dadurch das Volumgewicht des Bodens vergrößert wird;

d) daß die Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen (d. h. die volle Wasserkapazität) auf den Kahlflächen infolge der Erscheinungen unter a und b abnimmt, auf schwerem Boden daher nasse, sumpfige Stellen sich bilden können;

e) daß die Einwirkung der Kahlhaltung auf den Boden nach dem Abtriebsschlage und während der Begründung und Heranziehung des neuen Bestandes sich steigert.

14. An geneigten Stellen werden weitere, mehr mechanische Wirkungen hinzukommen, nämlich:

a) das Abschwemmen der Humusteile und der feineren Bodenbestandteile; die Ausbildung von Rinnen und Furchen und das Abrutschen ganzer Bodenstücke;

b) das Abgleiten des Schnees, wodurch die eingepflanzten Stämmchen niedergedrückt oder aus dem Boden gerissen werden.

15. Die Wirkungen des Kahlschlags sind überwiegend schädlicher Natur. Das Verschwinden des Humusvorrats, das Abschwemmen des Mulls und der Feinerde, das Auswaschen des Bodens an mineralischen Nährstoffen, das Festlagern des Bodens durch den auffallenden Regen, das Aufkommen eines dichten Gras- und Unkrautwuchses — alle diese Veränderungen des Bodens bedeuten zugleich eine Verschlechterung des Bodens. Diese wird um so intensiver sein, je größer die Kahlfläche ist.

Ist das Kahlliegen des Bodens aus irgend einem Grunde nicht zu vermeiden, so muß auf die Verringerung des Schadens Bedacht genommen werden.

Wie die Erfahrung lehrt, ist der Kahlschlag auf Sandboden von den ungünstigsten Folgen begleitet, er unterliegt dem Auswaschen und Austrocknen mehr als andere Bodenarten. Letzteres ist auch beim Kalkboden der Fall. Weniger bedenklich ist der Kahlhieb auf Lehmboden, während er auf Tonboden zur Verhärtung, auch Versumpfung führt.

Auf an sich mineralisch reicheren Bodenarten, auf Boden mit größerer wasserhaltender Kraft, in Gegenden mit reichlichen Niederschlägen, endlich in mehr oder weniger ebener Lage wird der Kahlschlag geringeren Schaden herbeiführen, als unter entgegengesetzten Verhältnissen.

In Gegenden mit geringen Niederschlägen ist der Kahlschlag auf kleinere Flächen zu beschränken, auf welchen die Gefahr des Austrocknens durch den Nachbarbestand vermindert oder verhindert werden kann.

Der Grad der Schädlichkeit ist vom Boden und vom Klima abhängig. Durchlässiger Sandboden unterliegt auf der Kahlfläche sehr starker Austrocknung; wo die Niederschläge im Sommer sehr hoch sind, wird dieser Nachteil abgeschwächt werden; andererseits wird die Auswaschung gesteigert werden. Graswuchs nimmt die Nährstoffe in Anspruch und vermindert die Sickerwassermenge; aus beiden Gründen wird die Auswaschung geringer werden. Ähnlich wie der Sandboden verhält sich der Kalkboden. Auf schwerem Boden mit geringer Durchlässigkeit wird nach dem Kahlschlag Verhärtung des Bodens und je nach der Niederschlagsmenge Versumpfung eintreten.

In physikalischer Hinsicht wird der Lehmboden die geringste Schädigung erleiden.

16. Die Einwirkung des kahl liegenden Bodens auf das Wachstum der nachträglich eingebrachten Pflanzen kann bei den zahlreichen zusammenwirkenden Faktoren nur durch vergleichende Versuche festgestellt werden.

Das üppige Wachstum von Saatpflanzen auf sog. „Neubrüchen", d. h. abgeholzten Waldböden, läßt auf einen hohen Nährstoffgehalt der oberen Bodenschichte schließen. Wie lange diese günstigen Verhältnisse andauern, läßt sich nur ermitteln, wenn gleichzeitig Saaten und Pflanzungen ausgeführt werden auf Boden, der 1, 2, 3 und mehr Jahre kahl geschlagen war.

Die Versuche müßten auf verschiedenen Bodenarten und unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen mit den Hauptholzarten ausgeführt werden. Die Auffindung geeigneter Flächen wird aber sehr schwierig werden, da die Vergleichbarkeit der Resultate fast allein von der Bodenbeschaffenheit abhängt. Diese ist aber, wenn der Boden nicht bearbeitet wird, nicht genau bekannt. Da der Grad der Auswaschung von der Menge des Sickerwassers und der Niederschläge abhängig ist, so werden die Resultate je nach der Witterung der vorausgegangenen Jahre von einander abweichen. Den Versuch kann man auf verschiedene Weise anstellen. Entweder müssen auf einer Kahlschlagfläche 4 Parzellen gebildet werden, von denen die 1. während 4 Jahren

die 2. während 3, die 3. während 2, die 4. während 1 Jahr brach lag. Alle Parzellen müssen nun im gleichen Jahre angepflanzt werden. Es können nun 3 trockene Jahrgänge geringe Sickerwassermengen ergeben und damit geringe Auswaschung auf 3 Parzellen verursacht haben, während im 4. Jahre sehr hohe Niederschläge erfolgen. Die 4. Parzelle kann also im 1. Jahre der Bepflanzung schon so viele Nährstoffe verlieren, als die anderen Parzellen in 2—3 Jahren. Man kann auch eine andere Methode einhalten, indem 4 Parzellen auf einer Kahlfläche ausgeschieden und je 1 dieser Parzellen in den folgenden 4 Jahren angepflanzt wird. Dann sind die Pflanzen aber im Alter verschieden und unter verschiedenen Witterungsverhältnissen erwachsen. Welche Methode die sicherere ist, läßt sich nicht von vorneherein sagen; dies muß erst durch einen Versuch ermittelt werden.

Eine Entscheidung über die praktische Tragweite der Kahlhiebwirtschaft ist aber nur durch Kulturversuche zu erlangen. Denn es kommt nicht nur darauf an, ob auf der Kahlfläche überhaupt noch Pflanzen gedeihen, sondern darauf, wie viele Jahre und in welchem Grade das Wachstum auf der Kahlfläche zurückgesetzt wird. Der ungünstige Einfluß der Kahlfläche kann durch die Kulturmethode zum Teil aufgehoben werden. Verhärteter Boden wird bei der Pflanzung besser gelockert, als bei der Saat. Im ausgetrockneten Boden erreichen die Wurzeln bei der Pflanzung eher die tieferen Schichten, als bei der Saat. Ähnliches gilt von der Durchlüftung, der Verdunstung und Erwärmung des Bodens.

17. Ist die Kahlfläche nicht völlig freiliegend, sondern auf einer oder mehreren oder allen Seiten von alten Beständen umgeben, so werden die eigentümlichen Wirkungen des Kahlliegens abgeschwächt. Durch seitliche Beschattung wird die Temperatur, Feuchtigkeit und Verdunstung des Bodens verändert, die Einwirkung des Windes vermindert und der Einfluß des Lichtes herabgesetzt. Es entstehen die Wachstumsbedingungen, wie sie in „Lücken“ vorhanden sind (§ 34—40, 59, 93, 102).

18. Die Besonderheiten des lokalen Klimas (Fröste, austrocknende Winde, geringe Sommerregen, Dauer und Höhe der Schneedecke, häufige Nebel, starke nächtliche Ausstrahlung und Erkaltung des Bodens und der Luft, schwache oder starke Niederschläge, Platzregen) müssen bei der Beurteilung der Kahlschlagwirtschaft stets in Rechnung gezogen werden. Untersuchungen über die Bedeutung dieser lokalen Faktoren sind allerdings bis jetzt nur in geringem Umfange ausgeführt worden.

19. Auch auf die Bodenfauna wären die Untersuchungen auszudehnen.

§ 166. Die Astreinheit der Bestände.

1. Untersuchungen über die Astreinheit der Bestände hat die Schweizerische Versuchsanstalt ausgeführt[1]).

Wenn die Erziehung astreinen Holzes das Ziel der Wirtschaft ist, so muß die Waldbehandlung, insbesondere die Bestandesgründung und der Durchforstungsbetrieb so eingerichtet werden, daß möglichst viel astreines Holz erwächst. Ob früh oder spät, stark oder schwach durchforstet, von welchem Bestandesalter an zur lichteren Stellung der Baumkronen übergegangen werden soll etc. — die Beantwortung dieser Fragen wird u. a. von der Astreinheit der Bestände abhängig zu machen sein. Noch andere waldbauliche Maßregeln stehen mit der Astreinheit im Zusammenhange, beispielsweise die Wahl zwischen natürlicher Verjüngung, Saat oder Pflanzung, die Feststellung der Pflanzweite, die Nachzucht dicht geschlossener Hochwälder im Gegensatz zu den Mittel- und Plenterwäldern, zum doppelhiebigen Hochwald und zum Überhaltbetrieb, die Mischung verschiedener Holzarten.

2. Der Ausdruck „Astreinheit" bedarf einer genaueren Präzisierung.

Wenn wir einen Buchenbestand, gleichviel welchen Alters, genauer ins Auge fassen, so ist, wenigstens auf den besseren Bonitäten, der Schaft bis zum Beginn der Baumkrone vollkommen astrein. Wir sehen nicht nur keine grünen, sondern auch keine dürren Äste oder Aststümpfe; im späteren Alter ist die Stelle, an welcher ein Ast sich in der Jugend befunden hat, vielfach nicht mehr zu erkennen. Die Baumkrone besteht größtenteils aus grünen Ästen, zwischen welchen vereinzelte dürre sich finden.

Diesen Grad von Astreinheit treffen wir bei den Nadelhölzern nicht. Unterhalb der grünen Äste der Krone erblicken wir fast immer eine Anzahl von dürren Ästen oder wenigstens Aststummeln. Letztere vermögen sich vielfach 40—50 Jahre am Stamme zu erhalten. Da sie aber abgestorben sind, so fehlt bei ihnen die Verdickung am untern Ende des Astes, welche den Stamm nach der Entastung rauh und unansehnlich macht. Beim Fällen brechen diese Äste und Aststummel größtenteils ab, oder sie können mit der Axt leicht entfernt werden, so daß der gefällte Stamm eine glatte, regelmäßige Form zeigt. Solche Stämme werden im praktischen Betriebe ebenfalls als astrein bezeichnet und im Handel als solche verkauft.

Einzelne schwächere grüne Äste, die sich am einen oder anderen Stamme ausnahmsweise finden, können den dürren beigezählt werden. Die sogen. Wasserreiser kommen nicht in Betracht.

---

[1]) Untersuchungen über die Astreinheit der Bestände von Bühler und Flury. Mitt. d. Schweiz. V.-A. 2, 205. Im einzelnen muß auf diese Abhandlung verwiesen werden.

Der astreine Teil des Baumschaftes reicht demnach vom Stockabschnitt bis zu den grünen Ästen der Baumkrone. Es kommt häufig vor, daß die Krone einseitig entwickelt, auf der einen Seite des Baumes länger ist, als auf der andern. In solchen Fällen ist die Länge der Krone durch den untersten noch grünen Ast bestimmt, weil nur dieser jeden Zweifel über den Meßpunkt ausschließt.

Je länger die Baumkrone ist, um so kürzer wird bei gleicher Höhe des Baumes der astreine Teil des Schaftes sein. Die Astreinheit steht unter sonst gleichen Umständen im umgekehrten Verhältnis zur Länge der Baumkrone. Diese Länge hängt aber ab von der Zahl der Äste, welche sich im geschlossenen Bestande noch grün zu erhalten vermögen. Alle Faktoren, welche das Absterben der Äste beeinflussen, erhöhen die Astreinheit. Die Untersuchung über diese letztere fällt also fast vollständig zusammen mit derjenigen über die Länge der Baumkronen.

Mit der Ausdehnung der Baumkrone ändert sich die Menge der Nadeln und Blätter, der Ernährungsorgane des Baumes. Sinkt die Blattmasse unter ein gewisses Minimum, so bleibt der Baum im Wachstum zurück, er wird unterdrückt und fällt der Durchforstung anheim. Ein genaues Studium der Durchforstungsanfälle bei verschiedenen Durchforstungsgraden kann ohne Kenntnis der Größe der Baumkronen nicht angestellt werden. Mit der Größe der Baumkrone steht ferner der Zuwachs des einzelnen Baumes im geschlossenen und im freien Stande im Zusammenhang. Endlich ist auch das Wachstum der Bäume in Mischung mit anderen Holzarten von dem gegenseitigen Verhältnis der Kronenausdehnung derselben abhängig.

3. Das Untersuchungsmaterial wurde bei Anlage von Versuchsflächen gewonnen.

Bei der Aufnahme werden die Probestämme nach dem Urichschen Verfahren ausgewählt. Innerhalb einer Fläche werden die einzelnen Probestämme nach der Stärke numeriert, so daß je der stärkste Stamm die Nr. 1 erhält u. s. f. Von jedem Probestamm wird die gesamte Höhe, sowie die Länge und die größte Breite der Baumkrone gemessen. Bei den Nadelhölzern wird auch die Anzahl der grünen Quirle ermittelt. In den Probestämmen sind fast alle Stärkeklassen eines Bestandes vertreten und zwar in demselben Verhältnis, wie sie sich im Bestande finden. Wird die durchschnittliche Astreinheit der Probestämme berechnet, so läßt sich diese Größe auch als das durchschnittliche Verhältnis des ganzen Bestandes betrachten. Die Grenzwerte innerhalb des Bestandes sind am stärksten und schwächsten Probestamm erhoben worden. Diese fallen nicht mit den stärksten und schwächsten Stämmen des Bestandes überhaupt zusammen, sondern bleiben hinter den extremen Stärkestufen etwas zurück.

Die Untersuchungen sind nach ausgeführter Durchforstung am bleibenden Hauptbestande vorgenommen worden.

Die Zusammenfassung der einzelnen Bestände nach Holzarten ist in der folgenden Übersicht enthalten:

Holzart	Zahl der Versuchs-flächen	Zahl der untersuchten Stämme	Mittlere Bestandeshöhe m	Bestandes-Alter Jahre
1. Fichte	124	1672	5,8—36,9	19—154
2. Buche	97	1423	4,3—30,7	20—220
3. Weißtanne	17	186	10,7—30,1	44—140
4. Sonstige Holzarten:				
a) Föhre	1	12	15,8	47
b) Weymouthsföhre	3	29	11,6—20,8	21—38
c) Schwarzföhre. .	1	9	13,0	40
d) Esche	1	8	27,7	64

Aus der Entwickelungsgeschichte dieser Bestände ist hervorzuheben, daß sie vor Einlage der Versuchsflächen fast ausnahmslos schwach (etwas stärker als nach dem A-Grad) durchforstet waren. Der schwächste Grad A ist bei Anlage der Versuchsflächen sehr selten angewendet worden. Am meisten vertreten ist der Grad B, welchem gegenüber auch die stärkeren Grade C und D zurücktreten. Nur in den A-Flächen sind unterdrückte Stämme vorhanden. In den B-Flächen sind sie herausgehauen, die schwächsten Probestämme in den B-Flächen gehören also zur Klasse der beherrschten Stämme; in den C- und D-Flächen, in denen die beherrschten Stämme größtenteils entfernt wurden, sind die schwächeren Probestämme in der Regel den mitherrschenden Stammklassen entnommen.

Das der Vergleichung unterliegende Mittel der Länge der Baumkronen oder des astreinen Schaftteils ist der Durchschnittswert aller Probestämme. Derselbe ist daher in Prozenten der mittleren Bestandeshöhe ausgedrückt.

Das Minimum bezw. das Maximum bezieht sich nur auf je einen Stamm innerhalb des Bestandes; die Länge der Krone oder des astreinen Schaftes ist in Prozenten der Scheitelhöhe des betreffenden Probestammes, nicht der mittleren Bestandeshöhe, angegeben. Vielfach zeigt sich sehr in die Augen fallend, daß der stärkste Stamm nicht immer auch die längste Krone besitzt oder nicht immer die meisten grünen Astquirle aufweist. Diese Tatsache wird sich bei den Durchforstungen und Lichtungen, überhaupt in der ganzen Entwickelung des Bestandes geltend machen. Die vielfachen Unregelmäßigkeiten in der Bestandesverfassung sind zum Teil auf diesen Umstand zurückzuführen.

In 4 Tabellen ist das Material zusammengestellt. Hier können nur die Ergebnisse der Untersuchung zusammengefaßt werden.

Die Bestände können nun in verschiedener Weise gruppiert werden. Für den vorliegenden Zweck ist dies so geschehen, daß

1. die Änderung der Astreinheit mit zunehmendem Alter,
2. der Einfluß der Entstehungsart (Pflanzung, natürliche Verjüngung),
3. der Einfluß der Pflanzweite,
4. der Einfluß der Bonität auf die Astreinheit

je den Gegenstand eines besonderen Abschnittes bilden.

4. Änderung der Astreinheit mit dem Bestandesalter. Der junge Bestand ist in der Regel bis zum Boden beastet. Nach Eintritt des Schlusses beginnen die unteren Äste abzusterben und teilweise abzufallen, der Bestand „reinigt sich". Die erste Durchforstung wird meistens erst eingelegt, wenn diese natürliche Reinigung sich vollzogen hat. Dieses Stadium erreichen nicht alle Bestände in demselben Zeitraume. Holzart, Bodengüte und Stammzahl bringen mancherlei Abweichungen mit sich. Eine 10 jährige Buchendickung, die aus natürlicher Verjüngung hervorgegangen ist und vielleicht mehr als 80 000 Stämmchen auf einem Hektar enthält, ist astrein, während die natürlich entstandene Fichtendickung diesen Zustand im 20., eine Fichtenpflanzung je nach der Bodengüte und der Pflanzweite im 30. oder gar erst im 40. Jahre erlangt.

Allerdings sind nun von den Stämmen nicht alle dürren Äste abgefallen. Untersucht man nämlich einen 100 jährigen Fichtenbestand, welcher der I. Bonität angehört und daher die günstigsten Wachstumsverhältnisse zeigt, genauer in Bezug auf seine Astreinheit, so gelangt man zu der oben gemachten Unterscheidung. Die meisten Stämme sind mit dürren, teilweise abgebrochenen Ästen unterhalb der grünen Krone besetzt. An manchen Stämmen reichen diese Aststummel fast bis zum Fuße. Am unteren Stammteile sind sie kurz, oft nur 20 cm lang, am oberen Stammteile erreichen sie vielfach die Länge von 1—2 m. Die Unterschiede rühren von dem verschiedenen Schlußgrade her, in welchem die einzelnen Stämme erwachsen sind. Auch im Pflanzbestande werden diejenigen Äste dürr, welche sich unterhalb des größten Kronendurchmessers befinden. Dasselbe ist der Fall an Stämmen, welche eine der häufig vorkommenden, kleineren Bestandeslücken umsäumen. Allein im weiteren Verbande und an den Bestandeslücken vermögen sich die dürr gewordenen Äste länger am Stamme zu erhalten, der Fäulnisprozeß wird verlangsamt, die Äste bleiben längere Zeit „zähe". Bei geringerer Stammzahl und weiterem Abstande der Bäume brechen, wenn der Bestand vom Winde bewegt wird, auch weniger Äste ab, als wenn die Stämme dichter stehen und die Kronen teilweise ineinander greifen.

Dieser über einen Zeitraum von 80 und mehr Jahren sich hinziehende Prozeß läßt sich genauer in den Versuchsflächen verfolgen, die unter verschiedenen Wachstumsverhältnissen angelegt und einer

ständigen Beobachtung unterworfen sind. Die Resultate dieser Untersuchungen können erst späteren Generationen zugänglich werden. Die praktische Seite der ganzen Frage macht aber eine Zusammenstellung der bisher gewonnenen Erfahrungen wünschenswert.

In der folgenden Tabelle 120 sind die Bestände nach 20 jährigen Altersklassen zusammengefaßt. Die Plenterwaldungen sind mit dem faktischen Alter aufgeführt, von welchem das wirtschaftliche Alter, die Zeit des ungestörten Wachstums, erheblich abweichen kann.

Der astreine Schaftteil nimmt bis zum 100. Jahre und darüber hinaus an Länge zu. Da aber auch die Länge der Krone mit dem Alter steigt, so bleibt die Zunahme des astreinen Schaftteils hinter derjenigen der Bestandeshöhe zurück.

Tabelle 120.

Gruppierung der Bestände nach Altersklassen.

Bestandes-alter Jahre	Zahl der untersuchten Bestände	Zahl der untersuchten Stämme	Mittlere Höhe der Klassen m	Durchschnittliche Länge der Baumkrone absolut m	Durchschnittliche Länge der Baumkrone In % der mittleren Bestandeshöhe (Spalte 4)	Länge des astreinen Schaftteils absolut m	Länge des astreinen Schaftteils In % der mittleren Bestandeshöhe (Spalte 4)	Anzahl der grünen Quirle Mittel
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Fichte.								
a) Schlagweiser Hochwald.								
19—40	78	1111	12,96	5,97	46,1	6,99	53,9	12
41—60	15	206	19,10	6,88	36,0	12,22	64,0	15
61—80	12	134	24,49	8,15	33,3	16,34	66,7	20
81—100	6	72	32,36	11,16	34,5	21,20	65,5	33
über 100	2	19	32,30	11,09	34,3	21,21	65,7	32
b) Plenterwald.								
41—60	1	17	13,42	6,60	49,2	6,82	50,8	16
61—80	4	56	16,98	7,15	42,1	9,83	57,9	22
81—100	4	40	24,81	9,08	36,6	15,73	63,4	33
über 100	2	17	27,72	13,25	47,8	14,47	52,2	45
2. Buche.								
21—40	27	550	8,75	4,59	52,5	4,16	47,5	—
41—60	29	375	15,86	7,37	46,5	8,49	53,5	—
61—80	12	140	22,49	9,83	43,7	12,66	56,3	—
81—100	15	189	25,71	11,45	44,5	14,26	55,5	—
101—120	9	96	27,71	12,00	43,3	15,71	56,7	—
über 120	5	73	27,59	11,83	42,9	15,76	57,1	—
3. Weißtanne.								
41—60	2	22	13,46	5,47	40,6	7,99	59,4	12
61—80	5	56	22,55	7,12	31,6	15,43	68,4	22
81—100	8	80	26,71	9,65	36,1	17,06	63,9	30
über 100	2	28	28,68	11.61	40,5	17,07	59,5	27

Im Durchschnitt mehrerer Hochwaldbestände ist der astreine Schaftteil der Fichte vom 80. Jahre an bis zu 21 m hoch. Über diesem Durchschnitt stehen die im Kanton Freiburg gelegenen Bestände mit 24 m und 23 m. Einzelne Stämme in diesen Beständen hatten einen astreinen Schaft bis zu 28 bezw. 26 m Länge.

Im Plenterwalde (meist früherem lichtbestocktem Weidewalde) beträgt der astreine Schaftteil nur 15—16 m; Bestand 124, Oberwald bei Kerns, erreicht die Länge von 19 m. Selbst die Maxima übersteigen nicht 19 m, ausgenommen im Bestand 124, in welchem das Maximum 24 m beträgt. Im Weide-Plenterwalde wird also im allgemeinen weniger astreines Holz erzogen als im schlagweisen Hochwalde. Im gruppenweise geschlossenen Plenterwalde ist die Baumkrone, aber auch der absolut astreine Schaft länger, als im geschlossenen Hochwalde.

90—100 jährige Buchenbestände, deren astreine Stämme 16 m übersteigen, sind sehr selten. Das Maximum erreicht ein Stamm des Sihlwaldes mit 23 m.

Die Weißtannenbestände haben durchweg etwas niedrigere Bestandeshöhen als die Fichtenbestände. Erstere stehen aber hinsichtlich der Länge des astreinen Schaftteils kaum hinter diesen zurück. An einzelnen Stämmen konnte die Höhe des astreinen Teils bis zum Maximum von 24 m festgestellt werden.

Von den sonstigen Holzarten soll hier nur ein Eschenbestand hervorgehoben werden, dessen astreiner Teil im Durchschnitt 18 m und an einem Stamme 22 m beträgt.

Das Maximum der Astreinheit wird von allen Holzarten nahezu im Alter von 81—100 Jahren erreicht. Eine Vergleichung der Zahlen in Spalte 7 der Tabelle 120 lehrt, daß mit 50—60 Jahren erst etwa die Hälfte dieses astreinen Teiles vorhanden ist. Es muß also der Zeitraum vom 61.—80. Jahre für die Reinigung der Stämme von gleicher Wichtigkeit sein, wie die vorhergehenden 20 Jahre.

Die Reinigung des Stammes schreitet weiter, obgleich die Stammzahl sehr bedeutend vermindert und das schwächere Material entfernt ist. Dies führt zu der Vermutung, daß nicht so fast die schwachen, unterdrückten und halbdürren Stämme die Äste der herrschenden Bäume zum Absterben bringen, sondern daß vielmehr der Schirm der dichteren Krone, der Entzug oder die Abschwächung des von oben einfallenden Lichtes diese Wirkung herbeiführt. Das unterdrückte Holz wird nur insofern zur Reinigung der herrschenden Stämme beitragen, als es den absterbenden Ästen einiges Licht entzieht und bei der Bewegung der Bäume durch den Wind das Abbrechen und Abfallen derselben veranlaßt. Zum Beweise für die eben ausgesprochene Vermutung kann der Fichtenbestand Hohenwies bei St. Gallen angeführt werden. Er wurde vor

70 Jahren im Verbande $\frac{3,0}{3,0}$ m gepflanzt. Die Länge des astreinen Schaftteils beträgt durchschnittlich 18 m, das Maximum 20 m. Von den ursprünglich pro ha gepflanzten 1100 Stück sind im 70. Jahre noch 968 vorhanden. Nur 132 Stämme sind im Laufe der letzten 50 Jahre als Nebenbestand entfernt worden. Im Jahre 1886 bezw. 1889 waren die Stämme fast bis zum Boden mit dürren Ästen besetzt. Die Äste waren also trotz des weiten Verbandes dürr geworden, allein sie waren nicht abgefallen. Jenes Dürrwerden ist aber wohl kaum vom Nebenbestande, sondern vom Schlusse der Baumkronen verursacht worden.

Da der Schluß im Alter von 70—80 Jahren lockerer wird, so tritt von jener Periode an auch nur eine geringe Änderung in der Astreinheit der Stämme ein. Bei Beständen, welche das 70.—80. Jahr erreicht haben, wird daher der Durchforstungsgrad von unwesentlichem Einfluß auf die Astreinheit sein.

Wenn bei Waldwertsberechnungen oder bei Veranschlagung des Nutzholzanfalls in verschiedenen Beständen Schätzungen des Nutzholzprozentes vorgenommen werden müssen, dient die Astreinheit als Anhaltspunkt. Da man in solchen Fällen nicht das Alter, sondern die Qualität des Bestandes ins Auge faßt, so ist im folgenden eine kleine Tabelle zu diesem Gebrauche zusammengestellt worden. Dieselbe enthält Angaben über die Länge des astreinen Schaftes bei verschiedener Bestandeshöhe.

Tabelle 121.

Gruppierung der Bestände nach Höhenklassen.

Mittlere Bestandeshöhe m	Länge des astreinen Schaftteils absolut m	in Prozenten der mittleren Bestandeshöhe
1. Fichte.		
a) Schlagweiser Hochwald.		
5,1—10,0	3,68	43,0
10,1—15,0	6,61	53,2
15,1—20,0	10,56	60,1
20,1—25,0	15,29	66,8
25,1—30,0	16,68	67,6
30,1—35,0	22,20	67,5
b) Plenterwald.		
10,1—15,0	6,65	53,1
15,1—20,0	9,61	55,4
20,1—25,0	14,12	62,8
25,1—30,0	16,38	57,7

Gruppierung der Bestände nach Höhenklassen.

Mittlere Bestandeshöhe m	Länge des astreinen Schaftteils absolut m	in Prozenten der mittleren Bestandeshöhe
2. Buche.		
5,1—10,0	3,32	45,9
10,1—15,0	6,33	50,6
15,1—20,0	9,57	54,7
20,1—25,0	12,51	55,3
25,1—30,0	15,48	56,6
30,1—35,0	17,35	56,6
3. Weißtanne.		
10,1—15,0	5,57	52,0
15,1—20,0	13,04	69,6
20,1—25,0	13,99	63,4
25,1—30,0	17,82	63,4
30,1—35,0	20,64	68,5
4. Sonstige Holzarten.		
Föhre	10,32	65,4
Weymouthsföhre . . .	9,34	59,1
Schwarzföhre	7,60	58,5
Esche	17,69	64,0

Bei Beständen, welche die mittlere Höhe von 20 m, also auch das Alter von ca. 50 Jahren überschreiten, ist das prozentische Verhältnis des astreinen Schaftteiles zur Bestandeshöhe sehr geringen Schwankungen unterworfen. Für den geschlossenen Nadelholzhochwald wird der Durchschnittswert von 66 %, für den Buchenhochwald von 55 % in den meisten Fällen ausreichende Genauigkeit bieten.

5. Einfluß der Entstehungsart der Bestände auf die Astreinheit derselben.

Seit etwa 40 Jahren hat in vielen Gegenden die Pflanzung bei Begründung der Fichtenbestände überhand genommen. Saaten und natürliche Verjüngungen bedecken nur noch kleine Waldflächen. Aus diesem Grunde ist es schwer, jüngere aus Saat oder natürlicher Verjüngung hervorgegangene Fichtenbestände zur Vergleichung mit den Pflanzungen zu finden. Unter 113 Beständen sind 91 Pflanzungen, 19 natürliche Verjüngungen, 3 Vollsaaten.

Wiederholt ist es als Nachteil der Pflanzung hervorgehoben worden, daß die aus ihr hervorgegangenen Bestände weniger astreines Holz liefern, als Saaten oder natürliche Verjüngungen.

Die in den Tabellen verzeichneten Bestände von Fichte und Buche sind nun auch nach ihrer Entstehungsart gruppiert und in Tabelle 122 übersichtlich zusammengestellt. Die ältesten Pflanzbestände von Fichten haben jetzt ein Alter von 60—70 Jahren, so daß wenigstens in einzelnen Fällen die Astreinheit der Pflanzbestände im höheren Alter untersucht werden konnte.

Die Gegenüberstellung von Pflanzungen einer- und der natürlichen Verjüngungen mit den (wenigen) Saaten andererseits ist einmal nach der Höhe und sodann nach dem Alter durchgeführt worden.

Tabelle 122.

Gruppierung nach der Entstehungsart.

A. Pflanzbestände.

	Zahl der untersuchten		Mittlere Bestandeshöhe der Klassen	Länge der Baumkrone Mittel		Länge des astreinen Schaftteils Mittel		Anzahl der grünen Astquirle
	Bestände	Stämme	m	absolut m	In % der mittleren Bestandeshöhe (Spalte 4)	absolut m	In % der mittleren Bestandeshöhe (Spalte 4)	Mittel
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			1. Fichte.					
Bestandeshöhe m			a) Nach der mittleren Bestandeshöhe.					
5,1—10,0	17	278	8,74	5,01	57,3	3,73	42,7	10
10,1—15,0	31	455	12,46	5,83	46,8	6,63	53,2	11
15,1—20,0	38	486	17,52	7,01	40,0	10,51	60,0	13
20,1—25,0	4	53	21,84	7,21	33,0	14,63	67,0	15
25,1—30,0	1	10	27,58	9,34	33,9	18,24	66,1	20
Bestandesalter Jahre			b) Nach dem Alter.					
21—40	76	1077	13,10	6,03	46,0	7,07	54,0	11
41—60	13	182	18,80	6,84	36,4	11,96	63,6	14
61—80	2	23	22,42	8,01	45,7	14,41	64,3	20
			2. Buche.					
Bestandeshöhe m			a) Nach der mittleren Bestandeshöhe.					
5,1—10,0	1	22	9,68	5,78	59,7	3,90	40,3	—
10,1—15,0	3	43	12,40	5,83	47,0	6,57	53,0	—
15,1—20,0	1	3	16,80	11,73	69,8	5,07	30,2	—
Bestandesalter Jahre			b) Nach dem Alter.					
21—40	4	65	11,48	5,81	50,6	5,67	49,4	—
41—60	1	3	16,80	11,73	69,8	5,07	30,2	—

Ein deutlicher Unterschied in der Astreinheit der verschiedenen Bestände ist nur für die Höhengruppe 5—10 m zu konstatieren. Die Kronen der Pflanzbestände sind in dieser Gruppe länger, so daß der astreine Teil des Bestandes nur 43% der ganzen Höhe beträgt, während in der natürlichen Verjüngung 52 % der Stammeshöhe ohne grüne Äste sind. In den Beständen, deren Höhe 10 m übersteigt, kommen die absoluten und relativen Zahlen einander sehr nahe.

Diese Höhe von 10 m wird mit etwa 30 Jahren erreicht. In diesem Zeitpunkt beginnen in der Regel die Durchforstungen, durch welche

Tabelle 122.

Gruppierung nach der Entstehungsart.

B. Saaten und natürliche Verjüngungen.

	Zahl der untersuchten		Mittlere Bestandeshöhe der Klassen	Länge der Baumkrone Mittel		Länge des astreinen Schaftteils Mittel		Anzahl der grünen Astquirle
	Bestände	Stämme	m	absolut m	In % der mittleren Bestandeshöhe (Spalte 4)	absolut m	In % der mittleren Bestandeshöhe (Spalte 4)	Mittel
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				1. Fichte.				
Bestandeshöhe m				a) Nach der mittleren Bestandeshöhe.				
5,1—10,0	1	19	5,84	2,83	48,5	3,01	51,5	9
10,1—15,0	1	15	11,32	5,16	45,6	6,16	54,4	10
15,1—20,0	1	14	19,29	7,06	36,6	12,23	63,4	14
20,1—25,0	6	73	23,63	7,86	33,3	15,77	66,7	20
25,1—30,0	7	75	27,62	8,89	32,2	18,73	67,8	24
Bestandesalter Jahre				b) Nach dem Alter.				
21—40	2	34	8,26	3,86	46,7	4,40	53,3	10
41—60	2	24	21,40	7,23	33,8	14,17	66,2	16
61—80	10	111	24,92	8,18	32,8	16,74	67,2	20
				2. Buche.				
Bestandeshöhe m				a) Nach der mittleren Bestandeshöhe.				
5,1—10,0	15	351	7,08	3,80	53,7	3,28	46,3	—
10,1—15,0	20	295	12,52	6,22	49,7	6,30	50,3	—
15,1—20,0	16	205	17,48	7,85	44,9	9,63	55,1	—
Bestandesalter Jahre				b) Nach dem Alter.				
21—40	23	485	8,38	4,43	61,5	3,95	47,1	—
41—60	28	372	15,86	7;35	56,9	8,51	53,7	—

die Stammzahl der natürlichen Verjüngungen sehr bedeutend erniedrigt wird. Da im Pflanzbestand die unterdrückten Stämme nicht so zahlreich sind, wie in der natürlichen Verjüngung, so kommen die Stammzahlen der Saat- und der Pflanzbestände und damit die Entwickelung der Baumkronen einander immer näher. Mit dem 50. Jahre ist zwischen den beiden Bestandesarten kaum ein Unterschied zu bemerken. Dies wird auch durch die Vergleichung der grünen Astquirle bestätigt. Die Zahl derselben ist nur etwa bis zum 30. bis 40. Jahre im Pflanzbestand größer, im höheren Alter ist kein ausgesprochener Unterschied mehr vorhanden.

Immerhin erscheinen die Saatbestände oder natürlichen Verjüngungen dem Auge astreiner, weil in denselben die dürr gewordenen Äste größtenteils abgefallen sind, während sie in den Pflanzungen sich zahlreicher erhalten haben. Werden diese dürren Äste aber abgesägt, was in sehr vielen Pflanzbeständen gegen Überlassung des Ertrages ausgeführt wird, so stehen die Pflanzbestände an Normalität der Entwickelung und Vollholzigkeit der Stämme hinter den natürlichen Verjüngungen nicht zurück.

Die Buchenbestände zeigen ähnliche Verhältnisse, wie die Fichtenbestände. Mit dem 40. Jahre sind die Unterschiede sehr gering; im Alter von 21—40 Jahren ist das Prozentverhältnis der Astreinheit fast gleich (49 und 47 %). Da aber die Buchenpflanzbestände bei gleichem Alter höher sind, so ist der astreine Teil derselben absolut länger, als in den natürlichen Verjüngungen.

6. Der Einfluß der Pflanzweite.

In den untersuchten Pflanzbeständen schwankt der Verband von $\frac{0,9}{0,6}$ m bis zu $\frac{3,0}{3,0}$ m. Es lag nahe, den Einfluß der Pflanzweite auf die Astreinheit der Bestände ebenfalls auf Grund des gesammelter Materials zum Gegenstand eines genaueren Studiums zu machen. Für die verschiedenen Pflanzweiten war oftmals nur ein einziger Bestand vorhanden. In der folgenden Tabelle 123 sind deshalb von einigen Pflanzweiten kleinere Gruppen gebildet worden, um die Resultate übersichtlicher zu machen.

Da die Bestände, in welchen Versuchsflächen angelegt wurden, mindestens ein Alter von 19, in den weitaus meisten Fällen aber von 20—30 Jahren erreicht hatten, so war die ursprüngliche Stammzahl niemals mehr vorhanden. Selbst in den jüngsten Beständen, welche noch nie durchforstet worden waren, fehlten 5—10 % der ursprünglichen Stammzahl. Durch die Durchforstung waren weitere 10—20 % dem Bestande entnommen worden. Im 30. Jahre sind also vielfach 30, selbst 40 % der ursprünglichen Stammzahl verschwunden, so daß die spätere Bestandesentwickelung nicht mehr dem ursprünglich gewählten Verbande

Tabelle 123.

Einfluß der Pflanzweite.

Höhe der Klassen m	Verband 0,9—1,0 / 0,6—0,9	Verband 1,0 —1,2 / 0,75—1,2	Verband 1,5 / 0,9	Verband 1,35—1,5 / 1,35—1,5	Verband 1,9 / 1,0—1,1
	1. Länge der Baumkrone.				
	a) Absolut in m.				
5,1—10,0	5,03	4,80	5,10	—	—
10,1—15,0	5,16	5,88	6,42	6,24	6,43
15,1—20,0	6,40	6,29	7,04	7,71	7,98
20,1—25,0	—	6,93	—	—	—
	b) In Prozenten der Gesamthöhe.				
5,1—10,0	60,6	54,2	58,4	—	—
10,1—15,0	43,0	46,0	49,7	48,0	44,5
15,1—20,0	37,1	38,1	40,9	42,4	43,7
.20,1—25,0	—	29,6	—	—	—
	2. Länge des astreinen Schaftteils.				
	a) Absolut in m.				
5,1—10,0	3,27	4,06	3,63	—	—
10,1—15,0	6,84	6,90	6,49	6,75	8,03
15,1—20,0	10,86	10,20	10,16	10,49	10,29
20,1—25,0	—	16,46	—	—	—
	b) In Prozenten der Gesamthöhe.				
5,1—10,0	39,4	45,8	41,6	—	—
10,1—15,0	57,0	54,0	50,3	52,0	55,5
15,1—20,0	62,9	61,9	59,1	57,6	56,3
20,1—25,0	—	70,4	—	—	—
	3. Durchschnittliche Zahl der grünen Astquirle.				
5,1—10,0	9	11	9	—	—
10,1—15,0	11	11	11	12	12
15,1—20,0	13	11	13	12	14
20,1—25,0	—	17	—	—	—

entspricht. Hierin mag eine der Ursachen liegen, daß trotz sehr verschiedener Pflanzweiten so geringe Abweichungen sich ergeben.

Die Unterschiede in der absoluten Länge der Krone oder des astreinen Teiles betragen etwa 1,0—1,5 m. Bei weiterem Verbande sind die Baumkronen länger und die astreinen Teile kürzer. Prozentisch ausgedrückt, und, da für das beurteilende Auge das Verhältnis zwischen beastetem und astreinem Teil ausschlaggebend ist, auch praktisch genommen, sind die Bestände mit weiterem Verbande weniger astrein.

als die mit engerem Verbande. Am entschiedensten tritt dies bei den 15—20, schon weniger deutlich bei den 10—15 m hohen Beständen hervor.

Die Vergleichung der Zahlen weist darauf hin, daß bei Pflanzweiten, welche 1,2 m überschreiten, die Verlängerung der Krone und die Verkürzung des astreinen Teiles sich geltend macht. Eine genaue Grenze würde nur nach Anlage von Versuchsflächen sich ziehen lassen. Diese müßten unter sonst ganz gleichen Bedingungen in verschiedener Pflanzweite bestockt werden.

Vielfach ist die Ansicht geäußert worden, daß ein geringerer Abstand der Pflanzen innerhalb der Reihen die Astreinheit befördere, daß der Reihenabstand 1,5 und 1,8 m betragen könne, wenn nur innerhalb der Reihen eine dichte Stellung gewählt werde. Aus den obigen Zahlen läßt sich für diese Ansicht eine Stütze nicht ableiten. Besondere Untersuchungen im Walde haben außerdem ergeben daß die Beastung solcher Pflanzbestände in der Regel ungleichmäßig entwickelt ist.

Die Äste sind kurz und schwach an den zwei Seiten des Baumes, auf welchen der geringe Abstand der Pflanzen die Entwickelung der Äste hemmt. Die Bäume erscheinen daher auf zwei Seiten astrein. Die anderen beiden Seiten dagegen sind fahnenförmig mit Ästen besetzt, für deren Dürrwerden der weitere Reihenabstand entscheidend ist.

7. Der Einfluß der Bonität auf die Astreinheit.

Die Bonität der verschiedenen Versuchsflächen ist vorläufig nur eingeschätzt worden. Es ist bekannt, daß das Höhenwachstum auf den geringeren Bonitäten zurücksteht gegenüber demjenigen auf den besseren Bodenklassen.

In Tabelle 124 sind je zwei Bestände einander gegenübergestellt, welche gleiches oder nahezu gleiches Alter, aber verschiedene Höhen haben. Der Bestand, welcher je in zweiter Linie aufgeführt ist, gehört der niedrigeren Höhenklasse und damit der geringeren Bonität an.

In Beständen der besseren Bonitäten ist der astreine Teil des Schaftes 2—4, auch 5 m länger als auf der schlechteren Bonität. Die Baumkronen sind aber auf gutem Boden nicht etwa kürzer, sondern ebenfalls länger als auf schlechtem Boden. Die Differenz beträgt 1—2, auch 3 m. In der Zahl der grünen Astquirle ist auf den verschiedenen Bonitäten jedoch kein irgendwie erheblicher Unterschied zu bemerken. Da die Jahrestriebe auf gutem Boden länger sind, so muß bei der gleichen Zahl grüner Quirle die Baumkrone auf besseren Bonitäten länger sein. Die Verhältniszahlen zwischen dem beasteten und astreinen Schaftteil sind nur unbedeutend von einander verschieden. Bei Schätzungen für praktische Zwecke kann man daher für verschiedene Bonitäten dieselbe Verhältniszahl anwenden.

Tabelle 124.

Einfluß der Bonität auf die Astreinheit.

Nr. des Bestandes	Alter	Bestandeshöhe	Länge der Baumkronen Mittel		Länge des astreinen Schaftteils Mittel		Anzahl der grünen Astquirle
			absolut	In % der Bestandeshöhe	absolut	In % der Bestandeshöhe	
	Jahre	m	m		m		
			1. Fichte.				
32	28	12,17	6,37	52,3	5,80	47,7	11
14	28	8,79	4,97	56,5	3,82	43,5	11
84	38	18,91	8,00	42,3	10,91	57,7	14
52	37	15,31	6,92	45,2	8,39	54,8	12
97	61	23,58	7,47	31,7	16,11	68,3	17
81	61	18,45	6,99	37,9	11,46	62,1	21
103	70	27,58	9,34	33,9	18,24	66,1	20
92	70	21,98	8,10	36,9	13,88	63,1	23
106	83	28,80	10,83	37,6	17,97	62,4	34
100	80	25,09	9,24	36,8	15,85	63,2	24
112	93	34,62	10,37	30,0	24,25	70,0	28
107	90	29,49	8,14	27,6	21,35	72,4	30
			2. Buche.				
28	38	12,61	6,62	52,5	5,99	47,5	—
12	38	8,29	4,81	58,0	3,48	42,0	—
44	51	16,71	8,49	50,8	8,22	49,2	—
22	53	11,48	5,54	48,3	5,94	51,7	—
75	66	26,16	10,57	40,4	15,59	59,6	—
54	70	18,91	7,24	38,3	11,67	61,7	—
71	86	24,85	10,72	43,1	14,13	56,9	—
57	86	20,67	9,94	48,1	10,73	51,9	—
95	107	30,57	11,67	38,2	18,90	61,8	—
70	107	24,82	10,18	41,0	14,64	59,0	—

Die Bodengüte ist der wichtigste und einflußreichste der Faktoren, welche auf die Astreinheit einwirken. Die Entstehungsart und die Pflanzweite haben allerdings einen Einfluß auf die Astreinheit, dieser wird aber von dem der Bonität weit übertroffen.

Auch auf den besten Bodenklassen sind, was hier ausdrücklich hervorgehoben werden soll, die Stämme nicht von allen dürren Ästen frei. Auch in den durch ihre Höhe und Astreinheit weithin bekannt gewordenen Fichten- und Weißtannenbeständen finden sich vielfach dürre Äste oder Aststümpfe an den Stämmen bis auf die Höhe von 2—3 m über dem Boden. Diese Äste werden aber bei der Beurteilung des Bestandes gewöhnlich nicht beachtet, weil sie bei 20—30 m hohen Bäumen nicht mehr ins Auge fallen.

8. Die Länge der Kronen und der herrschenden Stämme muß auch auf die Ausscheidung des Nebenbestandes und das Dürrwerden der unterdrückten Stämme von wesentlichem Einflusse sein. Bei Besprechung der Durchforstungsversuche wird deshalb auf diese Untersuchung über die Astreinheit Bezug genommen werden.

9. Ähnliche Untersuchungen sind in Württemberg seit 1902 angestellt worden, deren Verarbeitung noch im Gange ist.

Die Unterschiede gegenüber der Schweiz sind so überraschend, daß wenigstens einige Mitteilungen hier angefügt werden sollen.

Bei der Tanne erreichen in der Schweiz die Kronen älterer Bestände im Durchschnitt eine Länge von 10—12, in einzelnen Beständen von 13—14 m; die jüngeren von 6—7 m. In Württemberg sind die Kronen nur 6—7, auch 8 m, nur ganz ausnahmsweise 9—10 m lang. Die höchste Länge von 10 m ist nur in einem einzigen Bestande mit 147 Jahren gemessen worden.

Die Kronen der Buchen sind in 80—100 jährigen Beständen der Schweiz 12 m, in einzelnen Beständen 13—15 m lang. In Württemberg sind sie meist 8—10, selten 10—12 und nur in den gegen den Bodensee zu gelegenen Beständen 14—18 m lang.

Die Kronen der Fichten in der Schweiz sind im 80.—100. Jahre 11 m, in einzelnen Beständen 12—16 m lang; in Württemberg dagegen 9—10 m, in einigen Beständen auch 11—12 m lang. Bei den Fichten ist der Unterschied geringer, als bei Tanne und Buche.

10. Schiffel[1]) gibt für die Fichte keine absoluten, nur relative Zahlen für die Kronenlänge an; auch gruppiert er nur nach der Scheitelhöhe. Seine Relativzahlen — das Verhältnis der Kronenlänge zur Scheitelhöhe — sind bedeutend höher, als die schweizerischen entsprechenden Werte. In der Schweiz beträgt die Kronenlänge für 32 m hohe Bestände 34 %, in Österreich dagegen 42—46 %. Daraus berechnet sich eine Kronenlänge von 14, bei 20 m hohen von 9 m, bei 13 m hohen von 6 m. In den höheren Beständen wären demnach die Kronen der Fichte in Österreich bei vollkommenem Schluß 2—3 m länger, als in der Schweiz.

11. Bei der ungemeinen Wichtigkeit der Kronenlänge für alle waldbaulichen Verhältnisse sind weitere Untersuchungen dringend zu wünschen[2]). Die Beschattung des Bodens, das Zurückhalten der Wärmestrahlen, die Menge des Laubes und der Nadeln, infolge dessen der jährliche Zuwachs, die Ausscheidung des Nebenbestandes, das Samentragen

[1]) Mitt. d. Österr. V.-A. 24, 96.

[2]) Auf diesen Punkt hat Preßler bereits 1865 hingewiesen. Gesetz der Stammbildung S. 17.

der Bäume, die Wind- und Schneedruckgefahr, der Ertrag an Reisig, endlich infolge von allen diesen Änderungen der Durchforstungs-, Lichtungs- und Verjüngungsbetrieb müssen je nach der Kronenlänge ganz verschieden sich gestalten.

§ 167. Die Abnahme des Durchmessers mit der Höhe der Bäume.

1. Die Untersuchungen über die Abnahme des Durchmessers mit der Höhe der Bäume, welche von der Schweizerischen Versuchsanstalt angestellt wurden, hat Flury verarbeitet[1]). Seinen Ausführungen ist das folgende entnommen.

Das Untersuchungsmaterial entstammt einem Teil der Probestämme, die bei Anlage der schweizerischen Versuchsflächen nach dem Urichschen Verfahren ausgewählt und in gefälltem Zustande kubiert wurden. Die Vermessung geschieht in Sektionen. Die Durchmesser eines Baumes werden zu diesem Zwecke in Abständen von je 2 m gemessen.

Den Untersuchungen liegen zugrunde

531	Fichtenstämme aus	Hochwaldungen	im	Alter	von	35—104	Jahren,
122	,, ,,	Plenterwaldungen	,,	,,	,,	50—154	,,
574	Buchenstämme		,,	,,	,,	44—220	,,
180	Weißtannenstämme		,,	,,	,,	44—140	,,
1407	Stämme.						

Die Stämme sind in Gruppen zusammengefaßt, welche von 2 zu 2 cm nach dem Brusthöhendurchmesser abgestuft sind. Innerhalb dieser Stärkeklassen sind Höhenklassen ausgeschieden, welche Scheitelhöhen je von 5 zu 5 m umfassen.

Die Untersuchungen erstrecken sich nur auf das Derbholz des Schaftes.

2. Die Resultate der Untersuchung werden von Flury kurz zusammengefaßt.

Das Untersuchungsmaterial entstammt

	43	Fichtenbeständen des schlagweisen Hochwaldes,
	11	,, ,, Plenterwaldes, plenterwaldartigen Gebirgswaldes;
	48	Buchenbeständen,
	17	Tannenbeständen.
Zusammen	119	Beständen.

[1]) Mitt. d. Schweiz. V.-A. 3, 161. Als Anhang ist eine Hilfstabelle beigegeben, aus welcher der Durchmesser für bestimmte Höhen entnommen werden kann. Vergl. Hähnle, Sortimentstafeln für Fichtenbestände Württembergs S. 60.

Scheiden wir 20 jährige Altersklassen aus, so ergibt sich folgende Übersicht:

Tabelle 125.

Abnahme des Durchmessers.

Altersklasse	Durchmesser in 1,3 m	Durchschnittliche Abnahme des Durchmessers pro laufenden m bei einer Stammlänge von						Scheitelhöhe	Derbholzlänge	
		5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m		absolut	in % der Scheitelhöhe
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	m	m	
1. Fichte.										
a) Schlagweiser Hochwald.										
über 100 Jahre	36,6	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	32,30	29,40	91,0
81—100 „	36,3	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	32,50	29,48	90,7
61—80 „	24,3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7		24,74	21,27	86,0
41—60 „	17,2	0,3	0,4	0,5	0,5			19,32	15,05	77,9
21—40 „	17,6	0,4	0,5	0,5				18,44	14,39	78,0
b) Plenterwald.										
über 100 Jahre	39,7	1,3	1,0	1,0	1,1	1,1		27,67	24,51	88,6
81—100 „	27,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	24,55	21,35	87,0
61—80 „	18,0	0,4	0,4	0,5	0,5			17,32	13,55	78,2
41—60 „	13,0	0,3	0,4					13,89	9,09	65,4
2. Buche.										
über 120 Jahre	35,7	0,7	0,7	0,8	1,0	1,0		27,57	23,42	84,9
101—120 „	29,1	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8		27,89	23,65	84,8
81—100 „	26,1	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7		26,13	21,58	82,6
61—80 „	21,1	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8		22,55	17,62	78,1
41—60 „	17,4	0,4	0,5	0,6				19,06	13,61	71,4
3. Tanne.										
über 100 Jahre	47,5	1,1	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	27,97	25,85	92,4
81—100 „	32,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	26,59	24,10	90,6
61—80 „	24,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7		22,78	19,73	86,6
41—60 „	15,5	0,5	0,6	0,6				14,20	10,69	75,3

Aus obiger Darstellung ist ersichtlich, daß bei der Fichte des schlagweisen Hochwaldes die Durchmesser beim Starkholz unter Voraus-

setzung gleicher Grundflächen weniger rasch abnehmen, als bei der Plenterwaldfichte. Bei den über 100 Jahre alten Beständen beträgt der Unterschied 5 m der nutzbaren Stammlänge. Es erreicht nämlich die Fichte des schlagweisen Hochwaldes bei einer Stammlänge von 25 m den Durchmesser von rund 17 cm (36,6 — 25 $\times$ 0,8 = 16,6 cm); die Plenterwaldfichte dagegen schon bei einer Stammlänge von ungefähr 20 m (39,7 — 20 $\times$ 1,1 = 17,7 cm). Werden 30 cm als oberer Minimaldurchmesser des Sägholzes angenommen, so würden wir für die über 100 Jahre alten Bestände bei gleicher Grundstärke von 36,6 cm einen Sägklotz erhalten

bei der Hochwaldfichte von 9,4 m Länge,
bei der Plenterwaldfichte von 6,6 m Länge.

Bei den über 100 jährigen Tannen zeigt sich ein rascheres Fallen der Durchmesser, als bei der Fichte. Die Durchmesser-Abnahme in den jüngeren Klassen kommt dagegen derjenigen der Fichte fast gleich.

Bei der Buche ist die Abnahme des Durchmessers im unteren 10—15 m langen Stammteile fast gleich groß, im oberen Stammteile dagegen größer als diejenige der Fichte.

3. Von Interesse ist das prozentische Verhältnis zwischen Derbholzlänge und Scheitelhöhe. Dieses Verhältnis ändert sich bei den über 60 Jahre alten Beständen des geschlossenen Hochwaldes für alle 3 Holzarten sehr wenig und beträgt durchschnittlich für die genannten Altersklassen

bei Fichte . . . . 89 %
bei Buche . . . . 83 %
bei Tanne . . . . 90 %.

Für dieselben Altersklassen beträgt die Derbholzlänge der Plenterwaldfichte 85 % der Scheitelhöhe.

4. Untersuchen wir noch an einzelnen Stämmen den Einfluß der Bonität auf die Vollholzigkeit. Wir benutzen hiefür Stämme mit gleicher Grundstärke, gleichem Alter, aber verschiedener Höhe.

Die Übersicht zeigt deutlich den entschiedenen Einfluß der Bonität bei allen Holzarten. Die niedrigeren Stämme der geringeren Bonitäten zeigen ein stärkeres Fallen des Durchmessers. Die besseren Bonitäten liefern Stämme, die um 5 und mehr m länger sind, als solche der geringeren Bonitäten bei gleicher oberer Endstärke. Die Ausscheidung von Höhenklassen bei derselben Grundstärke ist daher für die Erleichterung der Einreihung der Stämme in bestimmte Verkaufsklassen wohl begründet.

Tabelle 126.

Einfluß der Bonität auf die Vollholzigkeit.

Ordnungs-Nr.	Fläche-Nr.	Bestandes-alter	Probestämme Nr.	Durchmesser der Probestämme in 1,3 m	Durchschnittliche Abnahme des Durchmessers pro laufenden m bei einer Stammlänge von						Scheitelhöhe	Derbholzlänge		Abnahme d. Dm. pro laufend. m für die ganze Derbholzlänge
					5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m		absolut	in % von Spalte 12	
				cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	m	m		cm
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*
							1. Fichte.							
							Schlagweiser Hochwald.							
14	52	83	5	37,9	0,9	0,8	0,8	0,9	1,0		30,4	28,0	92,1	1,1
15	100	80	1	38,0	0,9	0,9	1,0	1,1			26,4	24,0	90,9	1,3
18	45	70	2	33,9	0,5	0,6	0,7	0,8	1,1		28,8	25,0	86,8	1,1
21	99	70	1	34,0	0,9	0,9	0,9	1,1			24,8	22,0	88,7	1,2
49	115	40	2	20,5	0,2	0,3	0,5				23,0	19,2	83,5	0,7
50	53	40	3	20,5	0,5	0,6	0,8				19,2	16,0	83,3	0,8
							2. Buche.							
13	29	107	2	38,1	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9		32,6	29,4	90,2	1,1
12	65	107	1	37,8	1,0	0,8	1,1	1,5			26,0	20,8	80,0	1,5
25	108	84	2	33,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,8		33,8	29,8	88,2	0,9
24	28	86	1	34,5	0,8	1,2	1,1				24,0	19,6	81,7	1,4
43	45	60	6	21,5	0,4	0,4	0,7				22,6	18,6	82,3	0,8
42	69	60	1	21,5	0,6	0,7	0,9				20,8	16,0	76,9	0,9
							3. Tanne.							
3	6	100	3	36,6	0,7	0,6	0,5	0,6	0,9		30,0	28,8	96,0	1,0
4	16	99	2	37,2	0,9	1,2	1,2	1,3			24,0	22,0	91,7	1,4

Form und Sortimente des geschlossenen Bestandes.

§ 168. Ergebnisse des praktischen Betriebes.

1. Die Verwendbarkeit und damit der Wert und Preis des Holzes hängen von der Länge und der Form der Stämme ab. Die Form, gewöhnlich durch die Ausdrücke Vollholzigkeit, Abholzigkeit, Abfälligkeit näher beschrieben, hängt mit der Abnahme des Durchmessers mit der Höhe zusammen (§ 167). Die sogen. Formzahl ist ein ungenauer Ausdruck für die Vollholzigkeit.

Die Bedeutung der Formverhältnisse, d. h. der Länge und oberen Durchmesser der Stämme geht am deutlichsten aus der Sortimentseinteilung im praktischen Betriebe hervor[1]).

In Süddeutschland ist die Einreihung des Bauholzes in bestimmte Klassen von der Länge und einem bestimmten Durchmesser am schwachen Ende abhängig. Die stärkeren Klassen haben in der Regel die höheren Preise.

2. Die Wachstumsverhältnisse sind im Anteil der verschiedenen Klassen am Gesamtanfall ausgesprochen. Wo die besseren Bonitäten herrschen, sind die längeren und stärkeren Sortimente mehr vertreten, als auf geringem Standort[2]). Bei der jährlichen Nutzung kann der Anfall der einzelnen Sortimente durch mancherlei Zufälligkeiten beeinflußt sein. Es können im einen Landesteil noch viele Althölzer vorhanden sein, während sie in einem andern fast ganz fehlen[3]). Gleichwohl trage ich kein Bedenken, einige Ergebnisse der praktischen Wirtschaft hier anzuführen.

3. Den ,,Forststatistischen Mitteilungen aus Württemberg für 1909" S. 25 ist die erste Zusammenstellung entnommen.

Tabelle 127.

Sortimentsanfall in Württemberg.

Vom gesamten Anfall an Nadellangholz entfallen im Jahre 1909 Prozente

auf Klasse	I	II	III	IV	V	VI
Länge m	18	18	16	14	10	beliebig
Oberer Durchmesser cm	30	22	17	14	12	7
Schwarzwald	22	22	24	14	13	5
Unterland	8	19	29	21	18	5
Nordostland	16	27	29	15	10	3
Schwäbische Alb . . .	11	15	26	24	20	4
Oberschwaben	20	30	27	13	8	2
Württemberg	19	24	26	15	12	4

Im Schwarzwald kommen ausgedehnte Flächen sehr alten Holzes zum Hiebe, was die hohen Prozente in I. und II. Klasse erklärt. In Oberschwaben ist dies nur in geringem Grade der Fall. Hier fallen über 50% in die I. und II. Klasse, weil die besseren Bonitäten vorherrschen.

4. Der Anfall an den verschiedenen Sortimenten von Nadelstammholz in Baden ist in den ,,Statistischen Nachweisungen aus der Forst-

[1]) Vergl. Behringer, Schätzung stehenden Fichtenholzes 2, 24.

[2]) Vergl. E. Gayer, Sortiments- und Wertzuwachsuntersuchungen in Tannen- und Fichtenbeständen. Mitt. aus dem forstl. Versuchswesen Badens Heft 1, 1912, S. 54 ff. Hähnle a. a. O. S. 53.

[3]) Vergl. unten das Kapitel über Nutzholz.

verwaltung Badens für das Jahr 1911“ S. 34 nachgewiesen. Sortierung wie in Württemberg.

Tabelle 128.

Sortimentsanfall in Baden. Tannen und Fichten.

Von den Nadelholzstämmen entfallen Prozente auf die Klasse

	I	II	III	IV	V	VI
Baden im ganzen . . .	12	15	18	12	11	3
Markdorf	21	27	18	3	1	—
Stockach.	27	21	14	5	3	—
Schluchsee	8	19	26	16	15	3
St. Blasien	15	18	19	14	10	—
Ottenhöfen	9	15	19	15	17	7
Offenburg	4	8	21	16	14	2
Durlach	5	2	7	5	6	2
Heidelberg	2	2	6	6	18	10

In den am Bodensee gelegenen Bezirken Markdorf und Stockach fallen je 48 % in die I. und II. Klasse. Dasselbe Verhältnis zeigen die anstoßenden Waldungen Württembergs und diejenigen Bayerns. Der Einfluß der besseren Bonitäten in der Bodenseegegend tritt deutlich hervor.

5. In Bayern wird das Nutzholz wie in Baden und Württemberg sortiert. Die Verteilung der Langholzsortimente auf die einzelnen Klassen ist für das ganze Königreich aus Tabelle 129 zu ersehen[1]).

Tabelle 129.

Nutzholzanfall in den bayerischen Staatswaldungen 1912.

Langholz.

Klasse	I	II	III	IV	V	VI
		Prozente.				
Nadelholz	21	29	28	13	8	1
Fichten	14	25	30	17	12	2
Tannen	20	27	28	15	9	1
Föhren	5	22	37	22	12	2

Die starken Nadelholzsortimente herrschen vor in Oberbayern Niederbayern und Schwaben. Es sind vorherrschend Fichten vertreten. Starke Tannen liefern die Oberpfalz und Oberfranken.

6. In Sachsen werden die Stämme nach der Mittenstärke (unter 16, 16—22, 23—29, 30—36 über 36 cm), die Klötzer nach Oberstärke (7—15, 16—22, 23—29, 30—36, über 36 cm) sortiert.

Den Anfall der einzelnen Stärkeklassen hat Deicke[2]) zusammengestellt.

[1]) Mitt. aus der Staatsforstverw. Bayerns, 14. Heft, S. 218.

[2]) Thar. J. 64, 264 (1913).

Tabelle 130.

Sortimentsanfall in den Staatswaldungen Sachsens 1880—1912.

Durchmesser in der Mitte:	unter 16 cm	16—22 cm	23—29 cm	30—36 cm	über 36 cm
		1. Stämme.			
In Prozenten . . .	20,9	45,4	26,0	6,6	1,1
		2. Klötze.			
In Prozenten . . .	36,5	29,2	21,5	8,9	3,8
		3. Summe.			
In Prozenten . . .	29,7	26,3	23,5	7,9	2,7

Die stärkeren Klassen sind nur mit 11 % vertreten. Der Gegensatz zu den süddeutschen Staaten, die in den stärksten Klassen bis zu 50 % aufweisen, tritt deutlich hervor.

7. Beim Brennholze kommen die Sortimente Scheiter und Prügel in Betracht, für welche die Grenze von 14 cm Durchmesser entscheidend ist. In der Statistik werden beide Sortimente in der Regel unter Brennholz zusammengefaßt. Da dem Brennholz auch kranke Nutzholzteile zufallen, ist die Scheidung der Sortimente weniger scharf durchzuführen, als beim Nutzholze. Aus beiden Gründen muß von statistischen Nachweisen (die nur für Bayern möglich wären) abgesehen werden.

8. Das Streben des Waldbesitzers und Wirtschafters wird dahin gehen, eine möglichst große Anzahl von langen und starken Stämmen in demselben Bestande zu erziehen.

Da die Stämme verschiedener Klassen gleich alt oder fast gleich alt sind, so müssen die Unterschiede in der Länge und Stärke von der Bonität und Waldbehandlung verursacht sein.

II. Teil.

Die wirtschaftlichen Grundlagen der waldbaulichen Produktion.

I. Die waldbauliche Produktion im allgemeinen.

§ 169.

Übersicht.

1. Die Holzarten und der Boden sind oben unter dem naturwissenschaftlich-technischen Gesichtspunkt betrachtet worden. Nun sollen sie in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung dargestellt werden.

Diese tritt am klarsten hervor, wenn wir von den tatsächlichen Verhältnissen des praktischen Lebens ausgehen.

2. Wir setzen den Ankauf von 100 ha Wald, also von Boden und dem darauf stehenden Holzbestand voraus.

Ist die Bestockung normal, so beträgt bei Fichtenbeständen I. Bonität der auf 100 ha vorhandene Holzvorrat 48 000 Fm Derbholz + Reisig. Bei einem Wert von 10 *M* pro Fm entspricht dieser Holzvorrat einem Geldwert von 480 000 *M*. Beträgt der Wert des Bodens pro ha 200 *M*, so kommt zum Wert des Holzvorrats der Bodenwert mit 20 000 *M* hinzu. Der Wert des Waldes steigt dadurch auf 500 000 *M*.

Von diesem Gesamtwert fallen auf den Holzvorrat 96, auf den Bodenwert nur 4 %. Wenn wir den Bodenwert auf 400, 800, 1000 *M* pro ha ansetzen, so erhöht sich sein Anteil am Gesamtwert auf 8, 14, 17 %. Beim Waldbesitz ruht also das wirtschaftliche Schwergewicht auf dem Holzvorrat, nicht auf dem Boden.

3. Der Wert des Waldes ändert sich bei ungefähr gleichbleibendem Bodenwerte mit der Holzart und der Bonität, weil sich der Holzvorrat mit diesen beiden Faktoren erhöht oder vermindert; er ändert sich auch mit dem Wert oder Preis des Holzes, der bald über, bald unter 10 *M* pro Fm sich berechnet. Wird nun die Wirtschaft in allen Fällen dieselbe sein oder wird sie mit dem höheren oder niedrigeren Holzvorrat oder

Preise Änderungen erleiden? Können wir Unterschiede in der Wirtschaft, in der waldbaulichen Tätigkeit bemerken, wenn die Holzvorräte groß oder klein, die Preise des Holzes hoch oder niedrig sind?

4. Die Unterschiede müßten insbesondere in der auf die Waldfläche verwendeten Arbeit hervortreten. Die ganze Wirtschaft kann arbeitsintensiv oder arbeitsextensiv sein (Bepflanzung kahler, Entwässerung versumpfter Bodenstellen, Aufwand für künstliche Verjüngung, Ausführung von Reinigungshieben, Durchforstungen etc. — oder aber Unterlassen dieser Arbeiten).

5. Aufgabe der wissenschaftlichen Forschung ist, die tatsächlichen Verhältnisse in Bezug auf diese wirtschaftlichen Bedingungen darzulegen und Schlüsse für die praktische Wirtschaft abzuleiten.

II. Der Boden.

Wert und Preis des Waldbodens.

170.
Allgemeines.

1. Der dem Waldbau gewidmete Boden ist im allgemeinen für die Landwirtschaft nicht geeignet. Der Wert und Preis des Waldbodens wird deshalb in der Regel tiefer stehen, als der des landwirtschaftlich benutzten Bodens. Nur Waldboden I. Bonität läßt sich manchmal dem Feldboden gleichstellen. Allein der sehr gute Waldboden ist von kleiner Ausdehnung und liegt vielfach zwischen den geringeren Boni täten im Walde zerstreut, so daß er nicht leicht ausgeschieden werden kann. Sodann wird seine Qualität durch die niedrigere Temperatur des Waldes und durch die Beschattung des anstoßenden Bestandes vielfach beeinträchtigt. Wo seine Lage günstig ist, wird er, wie die jährlichen Rodungen zeigen, auch in kultivierten Ländern dem Feldbau zugeführt.

2. Da die forstwirtschaftlichen Erträge fast durchweg niedriger sind, als die landwirtschaftlichen, so wird der Wert und Preis des Waldbodens in derselben Gegend tiefer stehen müssen, als derjenige des Acker- und Wieslandes; nicht selten wird sogar der Weideboden, der keine Rodungs- und Urbarmachungskosten erfordert, höher bewertet werden, als Waldboden.

Engel[1]) hat für Preußen das Verhältnis des Reinertrags des Ackerlandes zu demjenigen des Waldlandes berechnet.

---

[1]) Größe, Beschaffenheit und Besteurung der Fläche des preuß. Staatsgebiets. Zeitschr. des preuß. statist. Bureaus 6, 175 (1866).

Der Reinertrag des Ackerlandes beträgt von demjenigen des Waldlandes auf		im Durchschnitt aller 8 Klassen	
1. Bodenklasse	das 5,43 fache	in der Provinz Preußen	das 4,8 fache
2. „	„ 5,47 „	„ Posen	„ 4,0 „
3. „	„ 4,28 „	„ Brandenburg	„ 3,7 „
4. „	„ 3,48 „	„ Pommern	„ 3,8 „
5. „	„ 2,77 „	„ Schlesien	„ 4,5 „
6. „	„ 2,47 „	„ Sachsen	„ 4,3 „
7. „	„ 2,18 „	„ Westfalen	„ 3,7 „
8. „	„ 2,64 „	„ Rheinland	„ 4,2 „
Durchschnitt	das 3,99 fache	Staat	das 3,99 fache.

Nach Meitzen[1]) ist in Preußen der Durchschnittsreinertrag bei der Steuereinschätzung für die Weiden nur in den Provinzen Pommern und Sachsen um 22 bezw. 17 % niedriger, in allen andern Provinzen höher berechnet worden, als für den Wald. Im Durchschnitt des ganzen Staates übertrifft der Steuerreinertrag der Weiden denjenigen der Waldungen um 27 %; im Rheinland um 74, in Posen um 57 %, in Brandenburg um 40 %, in Westfalen um 31 %, in Preußen um 29 %, in Schlesien um 15 %.

Für den Anschlag des Waldbodenwertes bei Beleihung durch die preußischen Landschaftskassen ist eine Skala aufgestellt worden[2]). Ich führe die für Pommern geltenden Sätze an.

Klasse	Grundwert pro ha des forstlich benutzten Bodens	Grundwert pro ha des landwirtschaftlich benutzten Bodens	Waldbodenwert vom Wert des landw. Bodens %	
1	350	1180	30	Die ersten Klassen
2	290	1060	27	des Forstbodens
3	240	880	27	äußerst selten.
4	180	760	24	
5	90	530	17	
6	70	350	20	
7	50	240	21	
8	20	60	33	

Ähnliche Beträge gelten auch für Posen und Westpreußen.

Aereboe[3]) hat für die Provinz Brandenburg eine Klassifikation der Kiefernböden aufgestellt.

	Arme Kiefernböden; geringe Verwertung der Durchforstungshölzer	Arme Kiefernböden; gute Verwertung	Geringe bis beste Kiefernböden; Absatz von Bauholz	Geringe bis beste Kiefernböden; günstige Absatzverhältnisse
	Mark pro ha			
Klasse V	40	50	40	60
„ IV	60	80	80	110
„ III	80	110	120	160
„ II	100	140	160	210
„ I	120	170	200	260

[1]) Der Boden und die landw. Verhältnisse des preuß. Staates. 4, 191.

[2]) Archiv des Deutschen Landwirtschaftsrats 27, 136 (1903).

[3]) Taxation von Landgütern, S. 446.

Diese Mitteilungen sind deshalb beachtenswert, weil sie zum Teil von Landwirten herrühren, die selbst Waldbesitzer sind und die Schätzung für ihre eigenen Zwecke vorgenommen haben[1]).

§ 171. Tatsächlicher Wert und Preis des Waldbodens.

1. Verkäufe von nacktem Waldboden sind selten; meistens wird bestockter Waldboden veräußert[2]). Es kann daher von einem Preise des Waldbodens nicht die Rede sein, wie man von Preisen für Ackerland, Wiesen, Weiden spricht. Außerdem spielen beim An- und Verkauf von Waldboden Nebenumstände eine bedeutende Rolle. Käufer sind in der Regel Großbesitzer (Staat, Adel, auch Gemeinden), die ihren Waldbesitz erweitern, insbesondere auch arrondieren wollen. Verkäufer sind meist kleine Privatbesitzer, welche vielfach aus Not verkaufen. In den weitaus meisten Fällen handelt es sich um kleinere Flächen. Konkurrenz ist meistens gar nicht vorhanden. Vielfach werden Ausnahmspreise — hohe und niedrige — bezahlt.

2. So erklärt es sich, daß die Statistik der Waldbodenpreise, wie der Bodenpreise überhaupt[3]), sehr mangelhaft ist. Von landwirtschaftlicher Seite sucht man diesem Übelstande neuerdings abzuhelfen. Die Untersuchungen ,,über die Betriebsverhältnisse der deutschen Landwirtschaft" haben für einzelne Gegenden Material geliefert, das aber noch sehr lückenhaft ist[4]).

---

[1]) Daß diese Zahlen der Wirklichkeit ziemlich nahekommen werden, zeigt folgender Fall. Im Jahre 1908 wurden in einer Entfernung von 10 km von Flensburg 150 ha Acker- und Heideland gekauft; der Ankaufspreis betrug für 1 ha früheren Ackerbodens 60—90, für Heideland 45—65 ℳ aus zweiter Hand; es war vor einigen Jahren für 30 ℳ abgegeben worden. Emeis in der F.- u. J.-Z. 1908, 420.

[2]) Nach den Untersuchungen in Württemberg (Trüdinger in Württ. Jahrbücher für Statistik und Landeskunde von 1905 I. 73) beträgt die Zahl der Veräußerungen von

	1897	1898	1899	1901
landwirtschaftlich benutzten einzelnen Grundstücken	63 623	68 779	81 195	45 128
ganzen Hof- und Bauernanwesen	1 104	1 042	1 308	1 109
Waldungen	2 673	2 465	3 115	1 335
veräußerte Waldfläche im ganzen ha	—	—	1 957	963
veräußerte einzelne Grundstücke im ganzen ha	—	—	16 936	11 489
Auf 1 Umsatz kommt durchschnittlich eine Waldfläche von ha	—	0,64	0,63	0,72

[3]) Vergl. Evert, Die Abstufung des Ackerwerts in Preußen. Preuß. statist. Zeitschr. 42, 128 (1902).

[4]) Vergl. Waterstradt, Wirtschaftslehre des Landbaus. 1912, S. 51 ff., 387 ff.

Dagegen hat der Deutsche Landwirtschaftsrat über den tatsächlichen Wert des Bodens systematische Erhebungen durch ganz Deutschland angestellt, die v. Seelhorst[1]) verarbeitet und zusammengestellt hat. Sie werden hier mitgeteilt, obgleich sie auf landwirtschaftlich benützten Boden sich beziehen[2]). Sie zeigen, daß der Preis geographisch sehr verschieden ist.

Bildet man aus v. Seelhorsts Zahlen Klassen, die pro ha von 100 zu 100 *M* abgestuft sind, so entsteht folgende Übersicht:

Durschnittlicher Wert von 1 ha Boden	Länder und Staaten, Regierungsbezirke
301—400 *M*	Reg.-Bez. Königsberg, Gumbinnen.
401—500 *M*	Westpreußen, Pommern.
501—600 *M*	Posen, M.-Strelitz.
601—700 *M*	Brandenburg, Königreich Preußen (674).
701—800 *M*	Hamburg, M.-Schwerin.
801—900 *M*	Deutsches Reich (806), Schlesien, Schl.-Holstein. S.-Weimar, Reuß ä. u. j. L.
901—1000 *M*	Hannover, Bayern rechts des Rheins.
1001—1500 *M*	Westfalen, Kassel, Rheinprovinz, Hohenzollern, Kgr. Sachsen, Oldenburg, S.-Altenburg, S.-Koburg, Lübeck, Lothringen.
1501—2000 *M*	Provinz Sachsen, Pfalz, Württemberg, Baden, S.-Meiningen, Rudolstadt.
über 2001 *M*	Wiesbaden (3240), Hessen (3164), Braunschweig und Lippe (2296), Anhalt (2373), Bremen (2399), Elsaß (2320).

3. Weit höher sind die Bodenpreise in einzelnen Gegenden der Schweiz. So beträgt z. B. im Kanton Zürich[3]) der Verkehrswert von 1 ha Ackerland 1688—3184, Wiesland 1880—3904, Rietland (Streuwiesen) 1496—3304 *M*. Für Waldboden werden bei Zürich pro ha 600—800 *M* und darüber bezahlt.

4. Ohne jeden Wert sind Ödländereien, die weder in der Gegenwart einen Ertrag bringen, noch in Zukunft einen solchen erhoffen lassen. Dazu gehören auch die Schutthalden der Gebirge; manche von diesen werden aber durch Anflug von Nadelhölzern kostenlos in lichtbestockten

---

[1]) Journal f. Landw. 51, 173.

[2]) Wie wir oben (§ 170) sahen, kann für den Waldboden ⅓—¼ des Werts von landw. Boden angenommen werden. In Württemberg wurden von der Staatsforstverwaltung 1864—1913 12 000 ha angekauft. Auf den Boden entfallen 450—500 *M* pro ha. Graner, Forstverw. Württ. S. 126.

[3]) Stat. Mitt. betr. d. Kanton Zürich. 1892. Bodenwert-Statistik. S. 107.

Wald verwandelt. Unkultiviertes Heideland wird in Holland mit 700—1000, selbst 2000 ℳ pro ha bezahlt, nachdem das technische Verfahren der Kultivierung vervollkommnet ist. Ackerland erzielt dort Preise bis zu 4000 ℳ pro ha. Heideboden in Nordbrabant, für Aufforstung geeignet, ist 5—40 ℳ, wenn er für Akerbau sich eignet, 75 ℳ wert [1]).

Der Preis pro ha Ackerland steigt in Belgien auf 4000—5600 ℳ, für 1 ha Weideland auf 4000 ℳ. In den Ardennen kostet 1 ha unkultiviertes, aber kulturfähiges Land 240—480 ℳ [2]).

5. Die Bodenklassen mittlerer Fruchtbarkeit (II. und III. Bonität) herrschen im Walde vor [3]). Dies geht insbesondere auch aus der Einreihung der Waldungen in die Steuerklassen hervor.

Es entfallen auf

Klasse	I	II	III	IV	V	VI
Preußen [4]) (sämtl. Waldg.) . .	3	26	40	31	—	—
Baden [5]) (Gemeindew.) . . .	7	18	26	29	18	2
Württemberg [6]) (Staatsw. 1887)	4,9	40	49	6	0,1	—
„ (1908)	10	41	38	10	1	—
Sachsen [7]) (Staatsw.)	5	33	50	11	1	—
Zürcher Stadtwaldungen [8]) .	18	37	28	17	—	—

III. Der Holzbestand.

172. ### Allgemeines.

1. Der auf dem Waldboden stehende Holzbestand hat eine mehrfache wirtschaftliche Bedeutung.

a) Als nutzbarer Holzwert stellt er den Ertrag des Waldes dar.

b) Durch die Fähigkeit, Samen zu tragen oder Stockausschläge zu treiben, ermöglicht er den Ersatz des genutzten Holzbestandes.

c) Durch den jährlich erfolgenden Zuwachs, der sich im Bestande aufspeichert, liefert der Holzbestand den nutzbaren Holzvorrat; der Bestand ist Ertragsquelle.

d) Die Erzeugung von Gras, Laub, Streu ist an das Vorhandensein eines Holzbestandes gebunden.

---

[1]) Frost, Agrarverfassung und Landwirtschaft in den Niederlanden. 1906, S. 453.

[2]) Frost, Agrarverfassung und Landwirtschaft in Belgien. 1909, S. 513.

[3]) Vergl. in § 123 den Nachweis der Bonitäten für die Versuchsflächen.

[4]) Meitzen, a. a. O. 6, 190.

[5]) Großh. Baden 1884. S. 464.

[6]) Forststat. Mitt. 1887, 162.

[7]) Thar. J. 47, 15. Schätzung nach Standortsbonitäten.

[8]) Meister, a. a. O. 22 (Standortsbonitäten).

2. Je nach dem Zwecke, der mit der Waldwirtschaft erreicht werden soll, kommt bald mehr die Holzmasse des Bestandes (beim Material- und Geldertrag, bei der Kapitalansammlung, der Arbeitsgelegenheit), bald die Bodenfläche, die er bedeckt (beim Gras- oder Streuertrag, beim Schutzwald) in Betracht.

3. Die Sorge des Waldbesitzers muß auf die Erhaltung des Holzbestandes gerichtet sein. Die Zusammensetzung des Bestandes muß je nach dem Zwecke der Wirtschaft gewählt werden: lichte Bestockung im Weidewald, Erhaltung widerstandsfähiger Bäume im Schutzwald, malerischer Exemplare im Parkwald, vollständige Bestockung zur Erzielung hoher Holznutzung.

In der geregelten Wirtschaft, welche die sichere Fortdauer und die gleichbleibende Höhe des Ertrags erstrebt, ist das Ideal die vollkommene Bestockung bei gleicher oder annähernd gleicher Altersabstufung.

Jeder Art von Bestockung entspricht ein bestimmter Holzvorrat. Der bei vollkommener Bestockung und gleichmäßiger Verteilung der Altersklassen vorhandene Vorrat wird als Normalvorrat bezeichnet.

Im großen Betriebe wird dieser normale oder vielmehr ideale Zustand nur ganz ausnahmsweise erreicht. Die tatsächlich vorhandene Bestockung hat einen anderen Holzvorrat zur Folge, als er im normalen oder idealen Walde sich findet. Der bei nicht normalen Verhältnissen vorhandene Vorrat, der sogen. wirkliche Vorrat (wv), wird daher dem normalen Vorrat (nv) gegenüber gestellt.

4. Die Größe des wirklichen Vorrats erfahren wir aus den Holzmassenaufnahmen, die für die Aufstellung von Wirtschaftsplänen vorgenommen werden.

Die Größe des Normalvorrats geht aus den Ertragstafeln hervor. Diese beruhen auf den Aufnahmen normal bestockter Versuchsflächen in der Größe von 0,20 bis 1,00 ha.

Die Höhe des normalen, wie des wirklichen Vorrats soll nun nachgewiesen werden.

Die einzelnen praktischen Betriebe weichen sogar bei ganz gleichen natürlichen Verhältnissen (Klima, Boden) hinsichtlich der Holzvorräte sehr bedeutend voneinander ab. Da der ganze Charakter eines Betriebes von den Holzvorräten bedingt ist (Mangel oder Überschuß an schlagbarem Altholz, Ausfall in den mittleren Altersklassen, Überwiegen der Jungwüchse; vollkommene oder zu geringe Bestockung aller Altersklassen etc.), so ist der Holzvorrat nicht nur für die Nutzungsregulierung, sondern auch für den Waldbau von größter Bedeutung.

§ 173. Der normale Holzvorrat.

1. Die Bedeutung des Holzvorrats für die waldbauliche Produktion läßt sich am klarsten darstellen, wenn wir von normalen und einfachen Verhältnissen ausgehen: wir legen daher den Jahresschlag zu Grunde. Soll 15jährige Eichenrinde erzogen und jährlich ein ungefähr gleich großes Quantum Eichenrinde verkauft werden können, so wird die der Eichenzucht gewidmete Fläche in 15 gleiche Teile eingeteilt. Von diesen kommt jährlich die Fläche mit dem ältesten, also 15jährigen Holze zur Nutzung. Damit jährlich 15jähriges Holz geschlagen werden kann, muß im Walde 15-, 14-, 13-, ... 2- und 1jähriges Holz vorhanden sein. Ist die Bestockung auf jedem Jahresschlage vollkommen oder normal, so bildet die Summe der Holzmasse aller Jahresschläge den sog. Normalvorrat. Soll 40jähriges Grubenholz, 50jähriges Papierholz, 70jähriges Bauholz, 100jähriges Sägholz erzogen werden, so würden 40, 50, 70, 100 Jahresschläge gebildet. Der auf allen Jahresschlägen vorhandene Vorrat stellt bei vollkommener oder normaler Bestockung ebenfalls den Normalvorrat dar. In jedem Jahre kommt ein Jahresschlag mit 40-, 50-, 70- oder 100jährigem Holze zum Abtrieb.

Wie groß ist nun dieser Normalvorrat? Auf welche Weise kann seine Masse bestimmt werden?

2. Nachdem seit 40 Jahren Ertragstafeln für normal bestockte Bestände zu Gebot stehen, wird der Normalvorrat diesen Tafeln entnommen. Die für jedes Altersjahr in den Ertragstafeln angegebenen Holzmassen werden summiert.

Zu den unten folgenden Zusammenstellungen ist zu bemerken, daß für die Ertragstafeln genaue Erhebungen der Masse in der Regel erst in Beständen von 15—20 Jahren erfolgen. Die Masse der 1—10-, bezw. 1—20jährigen Bestände ist durch Interpolation gefunden (in einigen Tafeln ist die Masse der 1—10jährigen Bestände ganz weggelassen). Da auf die 1—20jährigen Bestände nur 1—3 % des gesamten Vorrats entfallen, so kann ein etwaiger Fehler vernachlässigt werden.

3. Die bis jetzt zu Gebote stehenden Nachweise sind in Tabelle 131 nach Ländern zusammengefaßt.

Es kann nur die Gesamtmasse (Derbholz + Reisig) in Betracht kommen, weil es in ganz jungen Beständen kein Derbholz gibt. Außerdem würde ohne Berücksichtigung der Reisigmassen ein unrichtiges Bild von der Verteilung des Vorrats auf die einzelnen Altersstufen entstehen.

Tabelle 131.

Normalvorrat für die Altersstufen 1—100.

Derbholz + Reisig = Gesamtmasse Fm.

Länder	I. Bon.	II. Bon.	III. Bon.	IV. Bon.	V. Bon.
I. Fichte.					
1. Preußen 1902	45 230 (100)	36 535 (100)	28 485 (100)	21 394 (100)	14 600 (100)
2. Württemberg 1877 . .	48 000 (106)	38 553 (106)	28 395 (100)	19 577 (92)	—
3. Sachsen 1878	59 136 (131)	47 543 (130)	37 638 (132)	27 283 (128)	—
4. Mittel- und Norddeutschland 1890	59 958 (133)	47 161 (129)	36 056 (127)	26 319 (123)	18 151 (124)
5. Süddeutschland 1890 .	60 543 (134)	46 644 (128)	34 611 (122)	24 104 (113)	15 919 (109)
6. Schweiz, Gebirge 1907.	67 458 (149)	54 673 (150)	42 598 (150)	31 655 (148)	21 773 (149)
7. Schweiz, Hügelland 1907	67 934 (150)	58 037 (159)	49 247 (173)	41 019 (192)	33 659 (231)
Verhältnis der Bonitäten. I. Bonität = 100.					
1. Preußen 1902	100	81	63	47	32
2. Württemberg 1877 . .	100	80	59	41	—
3. Sachsen 1878	100	80	64	46	—
4. Mittel- und Norddeutschland 1890	100	79	60	44	30
5. Süddeutschland 1890 .	100	77	57	40	26
6. Schweiz, Gebirge 1907	100	81	63	47	32
7. Schweiz, Hügelland 1907	100	85	72	60	50
II. Tanne.					
1. Württemberg 1897 . .	43 475 (100)	33 311 (100)	25 501 (100)	18 478 (100)	—
2. Baden 1902	51 779 (119)	40 596 (122)	31 174 (122)	22 381 (121)	14 787
Verhältnis der Bonitäten. I. Bonität = 100.					
1. Württemberg 1897 . .	100	77	59	43	—
2. Baden 1902	100	78	60	43	29
III. Föhre.					
1. Preußen 1908	30 671 (100)	25 542 (100)	20 540 (100)	15 225 (100)	10 468 (100)
2. Hessen					
a) Buntsandsteingebiet 1886	35 758 (117)	28 274 (111)	17 685 (86) (1—90	8 291 (54) (1—70)	—
b) Rhein-Mainebene 1886	38 838 (127)	30 554 (120)	18 527 (90) (1—90)	8 775 (58) (1—70)	—
3. Sachsen 1884	39 838 (130)	32 268 (126)	25 249 (123)	18 441 (121)	11 894 (114)
Verhältnis der Bonitäten. I. Bonität = 100.					
1. Preußen 1908	100	83	67	50	34
2. Hessen					
a) Buntsandsteingebiet 1886	100	79	49	23	—
b) Rhein-Mainebene 1886	100	79	48	23	—
3. Sachsen 1884	100	81	63	46	30

Länder	I. Bon.	II. Bon.	III. Bon.	IV. Bon.	V. Bon.
IV. Buche.					
1. Braunschweig 1904 . .	31 102 (100)	27 410 (100)	23 304 (100)	18 697 (100)	13 346 (100)
2. Oberhessen 1893 . . .	31 631 (102)	25 484 (93)	19 880 (85)	14 886 (80)	10 616 (80)
3. Preußen 1893	32 096 (103)	25 824 (94)	20 545 (88)	15 634 (84)	11 244 (84)
4. Schweiz 1907	33 894 (109)	28 653 (105)	23 652 (101)	19 116 (102)	14 682 (110)
5. Württemberg 1881 . .	33 999,4 (109)	27 573,0 (101)	20 714,6 (89)	15 620,1 (84)	99 85,5 (75)
6. Baden 1894	35 318 (114)	28 386 (104)	22 597 (97)	17 511 (94)	12 973 (97)
7. Sihlwald 1883	38 564 (124)	32 479 (118)	27 679 (119)	22 385 (120)	—
Verhältnis der Bonitäten. I. Bonität = 100.					
1. Braunschweig 1904 . .	100	88	75	60	43
2. Oberhessen 1893 . . .	100	81	63	47	34
3. Preußen 1893	100	80	64	49	35
4. Schweiz 1907	100	85	70	56	43
5. Württemberg 1881 . .	100	81	61	46	29
6. Baden 1894	100	80	64	50	37
7. Sihlwald 1883	100	84	72	58	—
V. Eiche.					
a) Für die Altersstufen 1—100.					
1. Preußen 1905	21 026 (100)	15 683 (100)	11 167 (100)	—	—
2. Hessen 1900	31 109 (148)	25 079 (160)	18 959 (170)	13 565	—
b) Für die Altersstufen 1—120.					
1. Preußen	30 546 (100)	23 295 (100)	16 815 (100)	—	—
2. Hessen	43 936 (144)	35 874 (154)	27 695 (165)	20 220	—
Verhältnis der Bonitäten. I. Bonität = 100.					
a) Für die Altersstufen 1—100.					
1. Preußen 1905	100	75	53	—	—
2. Hessen 1900	100	81	61	44	—
Verhältnis der Bonitäten. I. Bonität = 100.					
b) Für die Altersstufen 1—120.					
1. Preußen 1905	100	76	55	—	—
2. Hessen 1900	100	82	63	46	—
VI. Schwarzerle.					
a) Für die Altersstufen 1—70.					
Preußen 1902	15 789	11 071	7 121	—	—
Verhältnis der Bonitäten. I. Bonität = 100.					
Preußen 1902	100	70	45	—	—
b) Für die Altersstufen 1—80.					
Preußen 1902	19 659	13 758	—	—	—
Verhältnis der Bonitäten. I. Bonität = 100.					
Preußen 1902	100	70	—	—	—
VII. Birke.					
a) Für die Altersstufen 1—80.					
Preußen 1903	10 429	7 611	—	—	—
Verhältnis der Bonitäten. I. Bonität = 100.					
Preußen 1903	100	73	—	—	—

Der Normalvorrat ist bei den einzelnen Holzarten nach Ländern um 20—40, selbst 50—60 % verschieden. In Preußen beträgt er auf I. Bonität für die Fichte 45 230, in der Schweiz dagegen 67 934 Fm. Bei der Fichte und Eiche sind die Unterschiede am größten (bis 60 %); bei den übrigen Holzarten erreichen sie nur 20—30 %.

Diese Zahlen weichen für die einzelnen Bonitäten nur unbedeutend von einander ab.

Bei den einzelnen Holzarten ist der Normalvorrat ebenfalls sehr verschieden. Er beträgt auf I. Bonität im 100. Jahre:

für die Fichte	bis zu	67 934 Fm	für die Buche	38 564 Fm
„ „ Tanne	„ „	51 779 „	„ „ Eiche	31 109 „
„ „ Föhre	„ „	39 838 „		

Für die einzelnen Bonitäten berechnen sich die Verhältniszahlen auf (rund) 100 : 80 : 60 : 45 : 30.

Das „Waldvermögen" erreicht ganz verschiedene Werte, je nachdem die Bestockung aus Fichten oder Föhren und Buchen besteht.

Für die Beurteilung der gemischten Bestände lassen sich aus den Zahlen für den Normalvorrat ebenfalls wichtige Anhaltspunkte entnehmen.

Für die Vergleichung mit dem im großen Betriebe erreichten Vorrat, dem sog. wirklichen Vorrat (wv) sind die Zahlen pro ha berechnet.

Es beträgt der normale Vorrat für das 100jährige Alter pro ha an Gesamtmasse Fm:

	I. Bon.	II. Bon.	III. Bon.	IV. Bon.	V. Bon.
Fichte	452—679	365—580	285—492	214—410	146—337
Tanne	435—518	333—406	255—312	185—224	—
Föhre	307—398	255—323	205—252	152—184	105—119
Buche	311—386	274—325	233—277	187—224	133—(147)
Eiche	210—311	157—251	112—190	—	—
Schwarzerle (1—80)	197	138	—	—	—
Birke (1—80)	104	76	—	—	—

Dieser normale Vorrat kann, da die Altersabstufung regelmäßig und die Bestockung vollkommen ist, als das anzustrebende Ideal bezeichnet werden. Mit diesem wird (§ 174) der tatsächlich vorhandene Vorrat verglichen werden.

4. Wie sich der normale Vorrat auf die 10jährigen Altersstufen verteilt, ist aus Tabelle 132 zu ersehen. In dieser ist der auf die einzelne Altersklasse entfallende Vorrat in Prozenten des ganzen Normalvorrats für die niedrigsten und die höchsten Beträge des Normalvorrats (in einzelnen Ländern) angegeben.

Der prozentische Anteil der einzelnen Altersklassen ändert sich nur unbedeutend mit den Bonitäten.

Dagegen ergeben sich für die einzelnen Holzarten charakteristische Unterschiede. Eine kleine Übersicht wird dies dartun.

Auf die beiden Altersklassen von 81—90 und 91—100 Jahren, die zusammen 20 % der Fläche bedecken, entfallen auf I. Bonität vom gesamten Normalvorrat:

Fichte	35,1 %	und 31,5 %		Buche	39,5 %	und 39,5 %
Tanne	45,9 %	„ 39,9 %		Eiche	38,3 %	„ 35,7 %
Föhre	29,6 %	„ 29,7 %				

Tabelle 132.

Verteilung des Normalvorrats auf die Altersklassen in Prozenten.

I. Fichte.

Altersklassen von Jahren	I. Bon.		II. Bon.		III Bon.		IV. Bon.		V. Bon.	
	Preußen 1902	Schweiz Hügelland 1907	Preußen 1902	Schweiz Hügelland 1907	Preußen 1902	Schweiz Hügelland 1907	Preußen 1902	Schweiz Hügelland 1907	Preußen 1902	Schweiz Hügelland 1907
1—10	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3
11—20	1,9	2,1	1,8	1,9	1,7	1,8	1,5	1,8	1,0	1,7
21—30	3,9	4,9	3,3	4,6	3,1	4,4	2,8	4,1	2,3	4,0
31—40	6,7	8,3	6,0	7,9	5,3	7,5	4,9	7,1	4,4	6,8
41—50	9,6	10,9	9,2	10,6	8,6	10,5	8,5	10,1	7,9	9,7
51—60	12,2	12,8	12,2	12,8	12,1	12,8	12,1	12,6	11,7	12,5
61—70	14,3	14,1	14,6	14,3	14,9	14,4	15,1	14,5	15,1	14,5
71—80	15,9	15,0	16,4	15,2	16,8	15,5	17,1	15,8	17,7	16,0
81—90	17,1	15,5	17,6	15,9	18,1	16,2	18,4	16,5	19,4	16,9
91—100	18,0	16,0	18,4	16,4	19,0	16,7	19,3	17,1	20,3	17,6

II. Tanne.

Altersklassen von Jahren	I. Bon.		II. Bon.		III. Bon.		IV. Bon.		V. Bon.	
	Württemberg 1897	Baden 1902	Württemberg 1897	Baden 1902	Württemberg 1897	Baden 1902	Württemberg 1897	Baden 1902	Württemberg 1897	Baden 1902
1—10	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	—	—
11—20	0,8	0,5	0,7	0,5	0,6	0,4	0,2	0,3	—	0,0
21—30	2,0	1,6	1,8	1,5	1,5	1,5	1,1	1,3	—	0,8
31—40	4,0	4,4	3,6	4,2	3,2	3,9	2,7	3,5	—	2,6
41—50	6,6	8,6	6,3	8,3	5,9	7,7	5,4	6,8	—	5,6
51—60	9,8	12,3	9,5	11,9	9,5	11,6	9,2	10,7	—	9,7
61—70	13,4	15,1	13,2	14,9	13,4	14,8	13,4	14,6	—	14,2
71—80	17,4	17,4	17,3	17,5	17,6	17,7	18,0	18,1	—	18,8
81—90	21,3	19,2	21,7	19,6	21,9	20,1	22,7	21,1	—	22,6
91—100	24,6	20,7	25,8	21,4	26,3	22,3	27,3	23,6	—	25,7

Verteilung des Normalvorrats auf die Altersklassen in Prozenten.

III. Föhre.

Altersklassen von Jahren	I. Bon.		II. Bon.		III. Bon.		IV. Bon.		V. Bon.	
	Preußen 1908	Sachsen 1884	Preußen 1908	Sachsen 1884	Preußen 1908	Sachsen 1884	Preußen 1908	Sachsen 1884	Preußen 1908	Sachsen 1884
1—10	1,7	0,7	1,5	0,7	1,2	0,7	0,9	0,7	0,2	0,7
11—20	4,6	2,5	4,4	2,4	3,8	2,3	3,0	2,2	1,4	2,1
21—30	6,9	5,9	6,7	5,0	6,3	4,6	5,0	4,3	3,0	3,9
31—40	8,6	9,6	8,6	8,6	8,3	7,9	7,4	7,1	5,4	6,0
41—50	10,2	11,5	10,2	11,5	10,2	11,1	9,8	10,3	8,9	9,0
51—60	11,7	12,7	11,7	12,9	11,9	12,9	12,0	12,9	12,2	12,7
61—70	12,9	13,4	12,9	13,8	13,3	14,1	13,7	14,4	14,8	14,7
71—80	13,8	14,0	13,9	14,5	14,4	14,8	15,2	15,3	16,8	16,0
81—90	14,5	14,6	14,8	15,0	15,1	15,5	16,2	16,1	18,2	17,0
91—100	15,1	15,1	15,3	15,6	15,5	16,1	16,8	16,7	19,1	17,9

IV. Buche.

Altersklassen von Jahren	I. Bon.		II. Bon.		III. Bon.		IV. Bon.		V. Bon.	
	Braunschweig 1904	Sihlwald 1883	Braunschweig 1904	Sihlwald 1883	Braunschweig 1904	Sihlwald 1883	Braunschweig 1904	Sihlwald 1883	Braunschweig 1904	Sihlwald 1883
1—10	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,4	0,1	—
11—20	0,9	1,9	0,9	1,9	0,8	1,8	0,8	1,7	0,8	—
21—30	2,9	3,6	2,9	3,7	2,7	3,6	2,5	3,6	2,4	—
31—40	5,7	5,7	5,7	5,7	5,5	5,6	5,3	5,6	5,3	—
41—50	8,7	7,9	8,6	8,1	8,4	7,9	8,2	7,8	8,5	—
51—60	11,4	10,5	11,4	10,7	11,3	10,4	11,2	10,2	11,6	—
61—70	14,2	13,6	14,0	13,6	14,1	13,3	14,1	13,1	14,3	—
71—80	16,6	16,8	16,6	16,3	16,7	16,3	16,9	16,2	16,8	—
81—90	18,8	19,1	18,9	18,8	19,2	19,1	19,4	19,3	19,1	—
91—100	20,7	20,4	20,9	20,7	21,2	21,5	21,5	22,1	21,1	—

V. Eiche.

Altersklassen von Jahren	I. Bon.		II. Bon.		III. Bon.		IV. Bon.	
	Preußen 1905	Hessen 1900	Preußen 1905	Hessen 1900	Preußen 1905	Hessen 1900	Preußen 1905	Hessen 1900
1—10	0,5	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7	—	0,7
11—20	1,9	2,4	2,1	2,4	2,2	2,2	—	2,4
21—30	3,7	4,4	3,4	4,2	3,9	3,9	—	4,2
31—40	6,1	6,9	5,4	6,5	5,3	6,0	—	6,0
41—50	8,6	9,3	7,9	9,1	7,5	8,5	—	8,0
51—60	11,2	11,6	10,7	11,5	10,1	11,0	—	10,5
61—70	13,7	13,6	13,6	13,6	13,1	13,5	—	13,1
71—80	16,0	15,4	16,3	15,5	16,2	15,9	—	15,8
81—90	18,2	17,1	18,9	17,4	19,2	18,1	—	18,4
91—100	20,1	18,6	21,2	19,2	21,9	20,2	—	20,9

Die Föhre hat die geringsten, die Tanne die höchsten Vorräte in den ältesten Altersklassen. Dagegen übertrifft der Vorrat der Föhre im 21.—40. Jahre mit 15,5 % denjenigen der übrigen Holzarten (mit nur 6—10 %). Das rasche Wachstum der Föhre in der Jugend und der geringe Zuwachs im Alter kommt deutlich zum Ausdruck.

§ 174. Die Größe des wirklichen Vorrats.

1. Im großen Betriebe finden wir nur ganz ausnahmsweise eine vollkommene oder normale Bestockung vor. In der Regel fehlt auf größeren und kleineren Lücken eine Anzahl von Bäumen, so daß der Vorrat pro ha geringer sein muß, als auf normal bestockter Fläche. Auch die Altersabstufung ist nur höchst selten normal; bald ist in den einzelnen Altersklassen ein Abmangel, bald ein Überschuß vorhanden. Der im großen Betriebe tatsächlich vorhandene, oder, wie er auch genannt wird, der wirkliche Vorrat (wv) weicht vom Normalvorrat sowohl hinsichtlich der Größe, als hinsichtlich der Verteilung auf die Altersklassen ab. Der wirkliche Vorrat wird in der Regel kleiner sein, als der Normalvorrat. Beim Überwiegen der ältesten Altersklassen kann der wirkliche Vorrat in seiner Größe dem normalen gleichkommen, ihn sogar übertreffen. Er wird aber vom normalen Vorrat dann in der Verteilung auf die Altersklassen abweichen. So kommt es, daß dem normalen Vorrat (nv) der wirkliche Vorrat (wv) gegenübergestellt wird. Bei der Festsetzung der jährlichen Nutzung kommt den Vorratsverhältnissen ein entscheidender Einfluß zu. Sie wirken aber ebenso auf die waldbaulichen Maßregeln ein, weil diese je nach dem Vorherrschen der alten, mittelalten oder jungen Altersklassen verschieden sein müssen.

2. Der wirkliche Vorrat ist in den Wirtschaftsplänen enthalten, von denen aber höchst selten die Einzelzahlen bekanntgegeben werden. Die Vorräte werden in der Regel nur für die I. Periode, also die nächstfolgenden 20 Jahre nachgewiesen.

Was in der Literatur oder in statistischen Werken mitgeteilt wurde, ist in die nachstehende Zusammenstellung aufgenommen. Vielfach mußte auf ältere Nachweise zurückgegriffen werden.

3. Für Baden[1]) besitzen wir die ausführlichsten Mitteilungen, weil dort die Ertragsregelung nach der Methode Karl Heyers üblich ist. Besonders wertvoll sind die Mitteilungen über die Vorräte in den Gemeindewaldungen. Die Aufnahmen für 1888 und 1902 sollen nur kurz erwähnt, dagegen die Zahlen für 1907 nach Landesteilen gruppiert, wiedergegeben werden. Hoch-, Mittel- und Niederwald sind zusammengefaßt.

[1]) Statist. Nachweisungen aus der Forstverwaltung d. Gr. Bad. für 1907, 24. 26. 32.

Tabelle 133.

Großherzogtum Baden.
Holzvorrat 1907 pro 1,0 ha Derbholz + Reisig = Gesamtmasse Fm

	Domänen-waldungen	Gemeinde- und Körperschaftsw.
I. Bodenseegegend	289	314
II. Donaugegend	296	278
III. Schwarzwald	323	336
IV. Oberes Rheintal	306	248
V. Unteres Rheintal	225	221
VI. Bauland	179	157
VII. Odenwald	165	168
Baden 1907	290	262
1902	270	233
1888	234	203

In 76 Bezirken sind Domänenwaldungen vorhanden. Der Holzvorrat beträgt pro ha:

über 400 Fm	in 7 Bezirken	= 9,2 %	aller Bezirke
351—400 „	„ 8 „	= 10,6 %	„ „
301—350 „	„ 9 „	= 11,8 %	„ „
251—300 „	„ 26 „	= 34,2 %	„ „
201—250 „	„ 9 „	= 11,8 %	„ „
151—200 „	„ 13 „	= 17,1 %	„ „
101—150 „	„ 4 „	= 5,3 %	„ „
	76	100,0	

4. In den Staatswaldungen von Sachsen[1]) beträgt der Holzvorrat pro ha an Gesamtmasse:

1844/53	152 Fm	1874/83	189 Fm
1854/63	162 „	1884/93	187 „
1864/73	177 „		

5. In den Staatswaldungen des Kantons Zürich[2]) schwankt der Vorrat an Gesamtmasse pro ha zwischen 221 und 410 Fm.

6. Im Stadtwald von Zürich[3]) (vorherrschend Buchenbestände) waren 1903: 239 Fm Gesamtmasse,

7. im Stadtwald von Freiburg[4]) 1872/81 im Hochwald 256, im Mittelwald 139, im Niederwald 27 Fm vorhanden.

8. Von besonderem Interesse sind die Zahlen für die Heimwaldungen der Stadt Chur, einmal, weil sie zum großen Teil im Hochgebirge

[1]) Thar. J. 47, 15.
[2]) Forststatistik d. K. Zürich 1900, 62.
[3]) Meister, Stadtw. v. Z. [2] 233.
[4]) Hüetlin, Stadtw. v. Fr. 1874, 116, Tab.

liegen, sodann weil sie z. T. aus hochgelegenen Plenterwaldungen stammen[1]). Der Vorrat an Gesamtmasse beträgt

für die unteren Lagen bis 1000 m und	100 jährige Umtriebszeit:	310 Fm
„ „ mittleren „ „ 1200 m „	120 „ „	400 „
„ „ oberen „ „ über 1200 m „	150 „ „	380 „

§ 175. Abgabesatz und Nutzungsprozent.

1. Wenn der Holzvorrat aller Altersklassen bekannt ist, so kann der jährliche Abgabesatz (im normalen Walde = Masse der ältesten Altersstufe), mit dem Vorrat verglichen werden. Drückt man den Abgabesatz an Hauptnutzung in Prozenten des Vorrats aus, so erhält man das sog. Nutzungsprozent.

2. Den Ertragstafeln läßt sich der Normalvorrat und der Vorrat in einem bestimmten Jahre entnehmen. Das hieraus berechnete Nutzungsprozent entspricht normalen Waldverhältnissen, drückt also die Nutzung bei vollkommener Bestockung aus. Die folgende Zusammenstellung enthält die normalen (oder idealen) Nutzungsprozente $\left(= \frac{\text{Vorrat im 100. Jahre pro ha}}{\text{Normalvorrat auf 100 ha}} \times 100\right)$ je für die 100 jährige Umtriebszeit. Mit dieser können die wirklich erzielten Nutzungsprozente verglichen werden.

Tabelle 134.

Nutzungsprozente der Gesamtmasse für normale Bestände im 100. Jahre.
(Nur für die Hauptnutzung.)

Land	I. Bon.	II. Bon.	III. Bon.	IV. Bon.	V. Bon.
1. Fichte.					
Preußen 1902	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0
Sachsen 1878.	1,8	1,8	1,9	2,0	—
Süddeutschland 1890 . .	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5
Württemberg 1877 . . .	1,9	2,0	2,1	2,1	—
Schweiz, Hügelland 1907	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8
„ Gebirge 1907 .	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0
2. Tanne.					
Baden 1902	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7
Württemberg 1897 . . .	2,6	2,7	2,8	2,9	—

[1]) Henne, a. a. O. S. 15, 33 und briefliche Mitteilung. Die Originalzahlen beziehen sich nur auf das Schaftholz. Für das Astholz sind 10 % dem Schaftholz zugeschlagen (für plenterwaldartige Bestände eher etwas zu niedrig).

Nutzungsprozente der Gesamtmasse für normale Bestände im 100. Jahr.
(Nur für die Hauptnutzung.)

Land	I. Bon.	II. Bon.	III. Bon.	IV. Bon.	V. Bon.
		3. Föhre.			
Deutschland 1880 . . .	1,7	1,7	1,7	—	—
Preußen 1889.	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
„ 1896.	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
„ 1908.	1,5	1,6	1,6	1,7	1,9
Sachsen 1884.	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8
Hessen, Rhein-Main-Ebene 1896.	1,7	1,6	—	—	—
Hessen, Buntsandsteingebiet 1886	1,7	1,7	—	—	—
		4. Buche.			
Preußen 1893	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Braunschweig 1904 . . .	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Oberhessen 1893	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4
Baden 1894	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2
Württemberg 1881 . . .	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4
Schweiz 1907.	2,0	2,1	2,1	2,2	2,4
Sihlwald 1883	2,1	2,1	2,2	2,3	—
Sihlwald 1903	—	2,1	—	—	—
		5. Eiche.			
		a) Für das 100. Jahr.			
Preußen 1905	2,1	2,2	2,3	—	—
Hessen 1900	1,9	2,0	2,1	2,2	—
		b) Für das 130. Jahr.			
Preußen 1905	1,7	1,9	1,9	—	—
Hessen 1900	1,6	1,7	1,8	1,9	—
		6. Schwarzerle (für das 70. Jahr).			
Preußen 1902	2,4	2,4	2,3	—	—
		7. Birke (für das 80. Jahr).			
Preußen 1903	2,5	2,5	—	—	—

3. Das Nutzungsprozent der Laubhölzer überschreitet durchweg 2 %, erreicht aber nur bei der Birke 2,5 %. Von den Nadelhölzern kommt nur die Tanne den Laubhölzern gleich, bei dieser überschreitet das Nutzungsprozent sogar 2,5 und steigt bis 2,9 an. Bei der Föhre bleibt das Nutzungsprozent durchweg unter 2,0, sinkt sogar auf 1,5 herab. Auch die Fichte überschreitet nur in Süddeutschland und Württemberg 2 %, sonst bleibt sie unter diesem Betrage zurück.

Bei den einzelnen Bonitäten ergeben sich nur ganz geringe Unterschiede; das Ansteigen des Prozents in der IV. und V. Bonität hängt mit der geringen Zahl von Flächen der geringen Bonitäten und der Unsicherheit der Kurven zusammen. Praktisch können die Unterschiede der Bonitäten jedenfalls vernachlässigt werden.

Bemerkenswert ist das Gleichbleiben der Prozentzahlen für dieselbe Holzart in den verschiedenen Ländern. Auch bei mehrmaliger Aufstellung der Ertragstafeln, wie der Föhre in Preußen, Buche im Sihlwald, sind die Änderungen der Prozentzahlen ganz unbedeutend.

Die Durchforstungsanfälle sind unberücksichtigt gelassen, weil sie in den älteren Ertragstafeln noch nicht aufgeführt sind. Die Durchforstungserträge werden im III. Teil, 5. Abschnitt näher besprochen werden. Doch mag hier schon angeführt werden, daß z. B. bei der Fichte der Schweiz das Nutzungsprozent durch Einbeziehung der Durchforstungsergebnisse von 1,6 auf 2,6 steigt.

4. Nutzungsprozente aus dem großen Betriebe für das Jahr 1902 sind von der Badischen Forstverwaltung veröffentlicht worden[1]).

Tabelle 135.

Nutzungsprozente in Baden 1902.

Umtriebszeit Jahre	Domänenwaldungen	Gemeinde- und Körperschaftswaldungen	Sämtliche eingerichtete Waldungen
1. Hochwaldbetrieb.			
60	—	1,87	1,87
70	—	1,41	1,41
80	1,97	1,86	1,87
90	1,31	1,54	1,49
100	1,78	1,44	1,52
110	1,68	1,41	1,46
120	1,43	1,30	1,34
130	—	1,43	1,43
140	1,38	0,84	1,17
150	—	0,93	0,93
Zusammen 1902:	1,54	1,42	1,46
1888:	1,48	1,42	1,43
Vorrat pro 1 ha Fm 1902:	280	261	267
Abgabesatz pro 1 ha Fm 1902:	4,3	3,7	3,9
2. Mittelwaldbetrieb.			
8—15	4,48	6,55	6,03
16—20	—	4,12	4,12
21—25	3,79	3,65	3,67
26—30	3,15	2,96	3,00
31—35	—	2,52	2,52
Zusammen 1902:	3,64	3,85	3,87
1888:	3,81	3,69	3,65
Vorrat pro 1 ha Fm 1902:	143	117	119
Abgabesatz pro 1 ha Fm 1902:	5,2	4,5	4,6

[1]) Beitr. zur Stat. d. Gr. Baden, 62, XIII.

Nutzungsprozente in Baden 1912.

Umtriebszeit Jahre	Domänenwaldungen	Gemeinde- und Körperschaftswaldungen	Sämtliche eingerichtete Waldungen
3. Niederwaldbetrieb.			
8—15.	10,87	12,43	12,43
16—20.	7,35	10,29	9,70
21—25.	—	11,25	11,25
26—30.	—	3,86	3,86
Zusammen 1902: . .	7,35	10,81	10,55
1888: . .	8,46	8,58	8,45
Vorrat pro 1 ha Fm 1902: . .	34	37	36
Abgabesatz pro 1 ha Fm 1902:	4,5	4,0	3,8
4. Faschinenwaldbetrieb.			
5—6	12,76	21,30	17,93
7—10.	—	11,25	11,25
15	—	9,05	9,05
Zusammen 1902: . .	12,76	14,54	14,28
1888: . .	10,94	21,66	16,56
Vorrat pro 1 ha Fm 1902: . .	47	33	35
Abgabesatz pro 1 ha Fm 1902:	6,0	4,8	5,0

Unter normalen Verhältnissen sinkt das Nutzungsprozent regelmäßig mit der größeren Höhe der Umtriebszeit. Im großen Betriebe ist dieselbe Tendenz bemerkbar, jedoch bringen Störungen in der Bestockung mancherlei Unregelmäßigkeiten mit sich.

In der Tabelle 135 sind die Betriebsarten einander gegenübergestellt. Der Unterschied in den einzelnen Zahlenwerten ist aber nicht durch die Betriebsart allein hervorgerufen. Der Mittel-, Nieder- und Faschinenwald liegt in der Rheinniederung, wo die günstigsten Vegetationsverhältnisse herrschen, während die Hochwaldungen bis zu einer Meereshöhe von 1500 m ansteigen. Für die Beurteilung der Betriebsarten lassen sich die Zahlen immerhin verwerten.

IV. Die Arbeit bei der waldbaulichen Produktion.

§ 176. Allgemeines.

1. Die Bedeutung der mechanischen Arbeit im Walde tritt am meisten hervor in Gegenden, in welchen Arbeitermangel herrscht oder wo sehr hohe Löhne bezahlt werden müssen. Aus dem einen oder dem anderen, oder auch aus beiden Gründen werden Arbeiten im Walde hier unterlassen, die anderswo ausgeführt werden. Welche Art von Arbeit wird nun dort durchgeführt, hier zurückgestellt? Welche Arbeiten werden für dringlich, welche für weniger wichtig gehalten?

Auch Wert und Preis des Holzes und anderer Erzeugnisse des Waldes wirken auf die Arbeitsaufwendung ein. Bei hohen Preisen und günstiger Absatzlage werden größere Ausgaben für Arbeitsleistungen gemacht werden, als bei niedrigen Preisen und geringen Gelderträgen oder in entlegenen Waldungen. Seit 30—40 Jahren sind die gesamten Ausgaben der einzelnen Verwaltungen gestiegen, nicht nur, weil die Löhne höhere geworden sind, sondern auch, weil mehr Arbeit im Walde überhaupt aufgewendet wird.

Wenn in zwei benachbarten Bezirken, die sonst gleiche Verhältnisse haben, die Wirtschaft und der Ertrag oft sehr verschieden sind, so ist die Ursache zum großen Teil in der Aufwendung von Arbeit — geistiger, wie mechanischer — gelegen. Die Arbeit drückt also der Wirtschaft den Stempel auf. Sehen wir zunächst, welcherlei Arten von Arbeit waldbaulich in Betracht kommen, welche auf das Wachstum und den Ertrag direkt oder nur indirekt günstig einwirken.

2. Die bei der Ernte des Holzes nötige Arbeit ist durch das zu nutzende Holzquantum gegeben. (Daß an manchen Orten diese nicht vom Waldbesitzer, sondern vom Käufer geleistet wird, kann hier außer Betracht bleiben). Aber gerade die sachkundige und sorgfältige Art, mit welcher die Abtriebsfällungen, die Durchforstungen und Reinigungshiebe, die Stockrodungen, die Gras- und Streu-, sowie die Weidenutzung ausgeführt werden, sind von entscheidendem Einflusse. Daß Reinigungshiebe und Durchforstungen unterlassen oder verspätet ausgeführt wurden, kann noch nach Jahrzehnten der Zusammensetzung des Bestandes entnommen werden. Die intensive „Bestandespflege“ besteht in vermehrtem Arbeitsaufwand.

Die künstliche Verjüngung der Bestände durch Saat oder Pflanzung, die Ergänzung der Lücken im natürlich verjüngten Bestande, Unterbauen lichter Bestände, Entwässerung und Bewässerung, Uferschutz, Düngung, Einzäunung der Jungwüchse gegen Wild und Weidevieh, Wegbauten, welche die natürliche Verjüngung am Hange erleichtern, machen Arbeit notwendig, welche direkt erhöhend auf das Wachstum und den Ertrag einwirkt. Lückige Jungwüchse, versumpfte Stellen, abgebissene Pflanzen stellen das gegenteilige Bild dar.

Die natürlichen Verhältnisse des Bodens, die mehr oder weniger steile Lage, die Erhebung über die Talsohle und über den Meeresspiegel können die Arbeit vermehren oder vermindern.

3. Durch die Arbeit kann bis zu einem gewissen Grade die Größe des Zuwachses und Holzvorrates verändert werden. (Erhöhung des Zuwachses durch die Durchforstung, die Entwässerung, die Düngung etc.). Die Arbeit ist umso wichtiger, je jünger die Bestände sind.

4. Die Regulierung der Arbeit und der Arbeiterverhältnisse gehört zu den wichtigsten Aufgaben des Waldbesitzers oder des Wirtschafters.

Dies umso mehr, als die Arbeiten auf wenige Monate eingeschränkt und nach ihrer Dringlichkeit und Wichtigkeit genau abgewogen werden müssen. In großen Betrieben besteht die geistige Arbeit des Besitzers oder des Wirtschafters zu einem nicht geringen Teil in der Anordnung und Verteilung der mechanischen Arbeit, in der Beschaffung des nötigen Arbeiterpersonals und in der Erziehung einer geschulten Arbeiterschaft.

Die Abwanderung vom Lande macht sich im Walde dadurch bemerklich, daß der Stamm der eingesessenen Waldarbeiter zusammenschmilzt und die Arbeiten vielfach mit einem ganz ungeschulten und unerfahrenen Personal ausgeführt werden müssen. Die Energie und Arbeitslust so manchen Wirtschafters wird dadurch gelähmt.

5. Die geistige Arbeit, die zur Ausführung oder Leistung und Überwachung des Betriebes erforderlich ist, wird nicht immer hinreichend gewürdigt.

Aus der Tatsache, daß einzelne Städte mit nur 800—1000 ha Waldfläche einen akademisch gebildeten Wirtschafter anstellen und daß andererseits es Staatsreviere mit 6—8—10 000 ha gibt, geht dies ohne weiteres hervor. Dazu kommt, daß die Stadtverwaltungen vielfach die tüchtigsten Kräfte in ihren Dienst zu ziehen wissen.

Der staatliche Oberförster ist heutzutage 3, selbst 4 Tage der Woche mit Schreibarbeiten in Anspruch genommen, so daß nur 2—3 Tage auf die Arbeit im Walde entfallen. Die Verwaltungsgeschäfte im weiteren Sinn nehmen nun wieder einen erheblichen Teil dieser Zeit in Anspruch; ohne Bedenken wird man 1 Tag der Woche hierfür ansetzen dürfen. Für die eigentliche waldbauliche Tätigkeit bleiben also 1—2 Tage in der Woche übrig. Manche waldbauliche Anordnung muß leider ohne gründliche Überlegung getroffen werden, weil es an der nötigen Zeit fehlt.

§ 177. Der tatsächliche Arbeitsaufwand.

1. Der kleine Waldbesitzer führt die Arbeiten im Walde in der Regel selbst aus; er braucht fremde Arbeitskraft nicht zu entlohnen. Die Arbeiten im Walde fallen größtenteils in eine Zeit, in welcher die landwirtschaftlichen Arbeiten ruhen. In manchem Privatwalde kann man große Sorgfalt in der Pflege der einzelnen Bäume (z. B. durch Ausastungen, Reinigungshiebe, Lichtungshiebe, durch Aushauen geringwertiger Stämme, Regulierung der Mischung) beobachten. Wie die kleinen bäuerlichen Güter durch intensive Bearbeitung rentabler sind, als die großen, so kann auch der kleine bäuerliche Waldbesitz den Großbesitz hinsichtlich des Ertrages übertreffen. Auch im Gemeinde- und Korporationswalde werden da und dort die Arbeiten von den Mitgliedern der Gemeinde ausgeführt.

2. Bei großem Besitze ist eine solche Sorgfalt im einzelnen wegen der hohen Kosten für Arbeitslöhne kaum durchzuführen. Es wird

immer die Tendenz herrschen, die Kosten für die Arbeitslöhne zu verringern.

Die tatsächlichen Ausgaben für die Arbeit schwanken im Großbetriebe innerhalb weiter Grenzen. Für Hauerlöhne werden pro ha (der Gesamtfläche) ausgegeben 4—10 *M*, für Kulturen 1—2, Wegbauten 1—5 *M*. Die sachlichen Ausgaben betragen pro ha also 6—17 *M*.

Dazu kommen beim großen Besitze noch Ausgaben für die Verwaltung und den Schutz des Waldes in der Höhe von 6—10 *M*. Die gesamten Ausgaben belaufen sich auf 12—27 *M* pro ha. (Kleinere sachliche Ausgaben, z. B. für Sprengmittel beim Wegbau etc., sind eingeschlossen).

Faßt man die (wenigstens in der Hauptsache) für den Waldbau nötige Arbeit zusammen, so ergibt sich, daß pro ha Waldfläche 3—7 Arbeitstage im Jahr erforderlich sind.

Ein Schutzbezirk oder kleiner Verwaltungsbezirk umfaßt 4—500, auch bis zu 1000 ha; auf 1 ha entfallen also 1 bezw. 0,6 und 0,3 Tage.

Ein Verwaltungsbezirk ist 1500—2500—4000—6000 ha groß, also entfallen pro ha 0,24; 0,14; 0,09; 0,06 Tage. Für Verwaltungs-, Hilfs- und Schutzdienst sind also 0,7—1,0 Tage pro ha erforderlich. Für mechanische und geistige Arbeit sind zusammen 4—8 Tage nötig.

3. Auch beim intensivsten Betriebe bleibt die Waldwirtschaft weit hinter der Landwirtschaft im Aufwand von Arbeit zurück. Es sind nämlich nötig pro ha bei Weidewirtschaft 4—8, bei Wiesenbau 16—40, bei Körnerwirtschaft 48—80, bei Fruchtwechselwirtschaft 120—200, bei Industriewirtschaft 240—520 Arbeitstage [1]). Eine leitende Person ist erforderlich bei 100—125 ha Ackerland [2]). Es gibt übrigens Gemeinden, welche für 500 ha Wald einen eigenen Verwaltungstechniker berufen.

V. Die Produktion für den eigenen Bedarf und für den Markt.

178. Die Produktion für den eigenen Bedarf.

1. Die statistische Erhebung über die Größe der einzelnen Betriebe in Deutschland (§ 11, 10) hat ergeben, daß die Besitzesgröße von 1 oder 1—2 ha weitaus vorherrschend ist (60 %). Der aus diesem Eigentum fließende Ertrag wird wohl fast ausschließlich im eigenen Haushalt verwendet. Auch von den meisten Gemeinden wird der jährliche Ertrag ganz oder teilweise unter die Bürger verteilt.

Der Bedarf an den verschiedenen Sortimenten wird aus dem eigenen Walde gedeckt. Die Wirtschaft wird so eingerichtet, daß die verschiedenen Sortimente im Walde vorhanden sind und im gewünschten Um-

[1]) Krämer im Handb. f. d. ges. Landwirtschaft 1, 295.

[2]) v. d. Goltz, Landw. Taxationslehre [2] 114.

fange jedes Jahr abgegeben werden können. Dadurch wird die ganze waldbauliche Produktion vor eine bestimmte Aufgabe gestellt.

2. Da die meisten Privatwaldbesitzer Bauern sind, so kommen zu dem Bedarf an Brennholz die in der bäuerlichen Wirtschaft nötigen Sortimente hinzu: Bauholz, Sägholz, kleines Werk- und Geschirrholz, Zaunholz, Brunnenholz, Brückenholz, Hopfenstangen, Rebstecken, Bohnenstecken etc. Dieser Bedarf ist wechselnd und von ungleicher Größe. — Daher werden im Privatwalde alle Sortimente vorrätig gehalten.

Gemeinden und Stiftungen haben ebenfalls einen regelmäßigen Brennholzbedarf von verschiedener Größe für Schule, Rathaus, Hospital, Armenhaus, Gemeindebackhaus, Pfarrer, Lehrer, sonstige Gemeindebeamte und Angehörige der Gemeinde (Losholz). Bei Güterbesitz der Gemeinde kommt der bäuerliche Bedarf hinzu. Außerdem erfordert der Unterhalt von Brücken, Sicherheitsschranken, Flußufern, Baumpflanzungen, Wasserleitungen, Gemeindekeltern bestimmte Sortimente. Einzelne Städte verlangen, daß im Stadtwalde das nötige Besenreis vorrätig gehalten werde.

Größere Privatwaldbesitzer haben qualitativ denselben Bedarf, wie die kleineren, zum Teil auch wie die Gemeinden (Hospitalstiftungen etc.; Besoldungsholz an Pfarrer, Lehrer). Außerdem müssen Sägmühlen, Bergwerke, Hütten, Salinen, Holzstofffabriken, Bäder, Eisenbahnen, Köhlereien mit dem nötigen Holze versorgt werden.

Der Staat bedarf insbesondere Brennholz für die Kanzleien, Schulen aller Art, für die Beamten das sog. Besoldungsholz. Ferner Brenn- und Nutzholz für Hüttenwerke, Bergwerke, Salinen, Eisenbahnbauten, elektrische Leitungen, Brückenbauten, für militärische Zwecke. — Vielfach müssen auch bestimmte Sortimente an die Servitutberechtigten abgegeben werden[1]).

Alle, insbesondere die größeren Waldbesitzer, haben im Walde selbst Holz verschiedener Sortimente nötig (Wegbauten, Brücken, Stege, Schranken, Graben-, Bach- und Flußbauten; Pfähle aller Art; Saatschulzäune, Deckgitter, Deckreisig; Schutzhütten).

3. Durch den Bedarf an so verschiedenartigen Sortimenten muß die ganze Wirtschaft einen sehr mannigfaltigen Charakter erhalten. In manchen Fällen kann die Aufgabe des Wirtschafters sehr schwierig werden. Er muß vielerlei Holzarten und Sortimente in bestimmtem Umfange im Walde vorrätig halten, was insbesondere den Durchforstungsbetrieb oder nach Kalamitäten (wie Insektenfraß, Sturm) die Erhebung der Nutzung in hohem Grade erschweren muß.

[1]) Über die Pflichten des Staates als Waldbesitzer gegenüber der Allgemeinheit spricht sich die Bayer. Denkschrift über „die Nutzung im bayerischen Staatswald" (1914), S. 13, 21 aus. „Im Staatswald handelt es sich in erster Linie um tunlichst nachhaltige Lieferung möglichst großer Holzmengen."

Andererseits muß ein so abwechslungsreicher Betrieb den Wirtschafter vor Einseitigkeit bewahren und innerlich mehr befriedigen, als die vielfach schablonenhafte Produktion für den Markt es vermag.

§ 179. Die Produktion für den Markt.

1. Was an Holz oder anderen Walderzeugnissen über den Bedarf des Waldbesitzers hinausgeht, wird verkauft. Die Nachfrage geht bald von der näheren Umgebung, bald von mehr oder weniger entfernten Gegenden aus. Im ersteren Falle ist es vielfach der Kleinhandel, im letzteren dagegen stets der Großhandel, an welchen das Holz abgegeben wird.

Charakteristisch ist nun, daß der Großhandel große Mengen bestimmter Sortimente verlangt und daß gewisse Sortimente höhere Preise erzielen, als andere.

Die Wirtschaft wird nun darnach streben, diese besonders gesuchten und hoch bezahlten Sortimente zu erziehen und soweit möglich in großen Mengen auf den Markt zu bringen.

Da in den einzelnen Produktionsgebieten vom Grosshandel nicht bestimmte Quantitäten auf dem Markte verlangt werden, so ist die Größe des Angebots mehr oder weniger in das Belieben des einzelnen Waldbesitzers gestellt. Dagegen wird das Angebot vom erzielbaren Preise und von den monatlichen und jährlichen Schwankungen des Preises beeinflußt sein. Sinken die Preise für gewisse Holzarten oder Sortimente, so wird das Angebot vermindert, es werden an Stelle der weniger begehrten Holzarten und Sortimente besser bezahlte auf den Markt gebracht, wie z. B. an Stelle des Tannenholzes das höher im Preise stehende Buchenholz in größerer Menge geschlagen werden wird.

2. Durch die verschiedene Nutzung wird die ganze Wirtschaft beeinflußt, sie erhält einen schwankenden, vom Gang des Handels und Verkehrs abhängigen Charakter. Abtriebshiebe werden verschoben, die Durchforstungen auf größere Flächen ausgedehnt oder unter gegenteiligen Verhältnissen eingeschränkt. Die Flächen der natürlichen oder künstlichen Verjüngung werden bald vermindert, bald vermehrt, bestimmte Holzarten begünstigt, andere zurückgedrängt usw.

Durch die Bevorzugung der Großhandelsware erhält die Wirtschaft leicht einen einförmigen Charakter, wofür der ausgedehnte Nadelholzanbau, der in den letzten Jahrzehnten üblich geworden ist, ein sprechendes und zugleich abschreckendes Beispeil bietet. Die Einförmigkeit der erzeugten Sortimente kann unter Umständen unerwünschte Folgen haben, wenn die Preise dauernd sinken (Eichenrinde), weil eine Änderung der Produktion erst nach längerer Zeit durchgeführt werden kann. Buchenbestände mußten da und dort dem Fichtenanbau weichen;

heute bezahlt die Industrie sehr hohe Preise für starkes Buchenholz und vermag gleichwohl ihren Bedarf nicht zu decken.[1])

Mit der vorherrschenden Produktion für den großen Markt wird die Wirtschaft einseitiger und zugleich unsicher.

VI. Die Produktion von Brennholz und Nutzholz.

§ 180. Die Produktion von Brennholz.

1. Der Bedarf der Bevölkerung an Brennholz ist gering im milden Klima. Wo Ersatzmittel, wie Steinkohle, Braunkohle, Torf, leicht zu erhalten sind, wird das Brennholz zum Teil durch diese ersetzt. In der Zukunft wird wohl die Wärmeerzeugung durch Elektrizität einen großen Umfang annehmen. Der Verbrauch an Brennholz im ganzen ist aber nicht zurückgegangen. In den Staatswaldungen von Preußen, Bayern, Sachsen, Württemberg, Baden, Elsaß-Lothringen ist der Anfall und Absatz von Brennholz, absolut genommen, während der letzten 40 Jahre, gleich oder fast gleich geblieben. Die Lieferungsausschreiben der Eisenbahnverwaltungen, der industriellen Unternehmungen verschiedener Art zeigen, daß der Bedarf an Feuerungsholz und Holzkohlen noch sehr bedeutend, ja in neuester Zeit sogar gestiegen ist. Die Bedeutung der Brennholzzucht ist allerdings in einzelnen Gegenden gesunken, im großen ganzen hat sie aber an Wichtigkeit nicht verloren.

2. Man spricht ja wohl von Brennholzwirtschaft. So wurde und wird die Buchenwirtschaft vielfach als reine oder vorherrschende Brennholzwirtschaft bezeichnet. Eigentliche Brennholzproduktion treffen wir aber nur im Niederwalde und im Unterholz des Mittelwaldes, da das Ausschlagholz, mit geringen Ausnahmen, nur zu Brennholz verwendet werden kann. Im Hochwalde und Plenterwalde kann Brennholz wie Nutzholz erzeugt werden. Erst nach dem Hiebe entscheidet sich die Frage, ob das Holz zu Brenn- oder Nutzholz verwendet werden soll. Eine besondere Brennholzwirtschaft oder Nutzholzwirtschaft ist also nicht betrieben worden. Der Ausdruck Brennholz- und Nutzholzwirtschaft besagt in vielen Fällen nur, daß das Brennholz oder das Nutzholz bei der Sortierung und beim Verkauf vorherrschend gewesen sei. Die Einwirkung der wirtschaftenden Hand auf die alten Bestände ist geringer, als man annimmt. In 80—100 jährigen Beständen wird, die frühzeitige Anwendung des Lichtwuchsbetriebes ausgenommen, durch die Bewirtschaftung kaum noch eine Änderung in der Zusammensetzung und Qualität der Bestände. bezw im Anteil des Nutz- und Brennholzes an der gesamten Holzmasse hervorgebracht. Wenn man vielfach gering-

---

[1]) In neuester Zeit ist ein besonderer Verein der Buchenholz verarbeitenden Industriellen gegründet worden, der den Zweck der Sicherstellung des Bezugs verfolgt.

schätzig über die Brennholzzucht urteilt, so hat man dabei in der Regel den Unterschied der Brennholz- und Nutzholzpreise im Auge. Nun sind die Nutzholzpreise allerdings am gleichen Orte 2—3mal höher, als die Brennholzpreise. Es dürfen aber die lokalen Preisverhältnisse nicht außer Acht gelassen werden. Wenn 1 Rm buchene Scheiter 14 ℳ, 100 buchene Wellen 36 ℳ kosten, so kommt 1 Fm als Brennholz auf 20 ℳ bezw. 18 ℳ zu stehen. In einer anderen Gegend wird vielleicht Buchenholz zu Schwellen um 12—14 ℳ und Nadelnutzholz zu 16—18 ℳ verkauft, d. h. die Buchenbrennholzwirtschaft kann an einem Orte so rentabel sein, als an einem anderen Orte die Nutzholzwirtschaft.

3. Ein wesentlicher Unterschied zwischen Brennholz- und Nutzholzwirtschaft, also der beabsichtigten Erziehung des einen oder anderen Sortimentes besteht — Mittel- und Niederwald, und Erziehung besonders starker Bäume ausgenommen — nicht. Der Unterschied ist nur ein gradueller, insofern das eine oder andere Sortiment im Anteil an der Gesamtmasse überwiegt.

Wo keine Kohlen als Ersatzmittel vorhanden sind, oder solche nur mit hohen Kosten beschafft werden können (Schweiz, Schweden, Norwegen etc.), ist die Brennholzzucht eine volkswirtschaftliche Notwendigkeit.

Nutzholzbedarf, Nutzholzgewinnung, Nutzholzzucht.

§ 181.

Geschichtliches.

1. Mit der ersten Ansiedelung entsteht der Bedarf an Bauholz für Wohngebäude, Ställe, Scheunen, an Geschirr- und Werkholz, Zaunholz, sowie an Brennholz. Alle diese Holzsortimente werden dem Urwalde entnommen, in dem sie in genügender Menge vorhanden sind. Die weitere Entwickelung der Nutzholzausbeute soll durch einige geschichtliche Angaben gezeigt werden.

2. Schon in den ersten Gesetzbüchern (um 500—600) wird das Bauholz erwähnt und durch besondere Strafbestimmungen vor Entwendung aus dem Walde geschützt.

3. 905 werden bei St. Gallen unterschieden: Bauholz, Schindelholz, Zaunholz, Schiffsbauholz, Brennholz, Leseholz.

4. Aus dem Neckarzolltarif von Heidelberg[1]) ersehen wir, welche Nutzholzsortimente 1480 in den Handel kamen. Es werden aufgeführt: Balken von 60, 50, 40, 36, 30 Schuh Länge; Sparren von 60, 50, 36, 30 Schuh Länge; Borten, Drilinge; beim Eichenholz Schwellen und Pfosten; eichene und haselne Reifen; Latten, Karchbäume, Karchstecken, Naben, Felgen, Speichen; Faßboden, Harzstanden.

5. Die Brandenburgische Waldordnung auf dem Gebirge (die Gegend vom Fichtelgebirge und Bayerischen Wald) spricht 1531 von Klafterholz, das am meisten aus den Wäldern abgegeben werde, sodann von Schindel-, Bütten-, Bloch-, Bau-, Zaun- und Schrankholz, Latten, Hopfenstangen, Bauern-Geräteholz, Lichtholz. In der Forstordnung für die Mark werden 1622 Preise für die einzelnen

[1]) Oberrhein. Zeitschrift 1, 175.

Sortimente festgesetzt; bei Eichen werden 8, Fichten 12, Eschen 7, Buchen 6, Hainbuchen 5 Sortimente unterschieden und mit besonderen Preistaxen eingesetzt.

6. Die bayerische Forstordnung (von 1568?) verbietet, daß Schneid- und Zimmerbäume zu Brennholz gemacht werden.

7. Die braunschweigische Forstordnung von 1547 zählt 18 Nutzholzarten, hauptsächlich solche für den Bergwerksbetrieb, auf.

8. Die württembergische Forstordnung von 1614 schreibt für Holz, das auf dem Neckar verflößt wird, 12 Klassen vor, die nach Länge und Stärke am schwächeren Teil abgestuft werden; für die Flößerei auf der Enz werden 11 Klassen, für Eichenholz 5 Klassen ausgeschieden und die genaue Einhaltung des Maßes in Länge und oberer Stärke besonders eingeschärft.

9. Anfangs des 18. Jahrhunderts werden im Kinzigtal:[1]) Holländer Holz, gemeines Holz, beschlagen Holz und Oblasten der Flöße genannt. Meßbalken sind 70 und 72 Schuh lang und halten 14 Zoll am kleinen Ende, usw. Holländerbäume erwähnt auch die pfälzische Forstordnung von 1711.

10. Die Forstordnung für die österreichischen Vorlande von 1788 schreibt vor, daß zu Brennholz die schlechtgewachsenen und astigen Bäume genommen und die gerade gewachsenen Eichen, Fichten, Tannen, Lärchen, Föhren zu Bauholz aufbehalten werden.

11. Die Erziehung des Nutzholzes (vorherrschend von Laubholz) erfolgte während des ganzen Mittelalters bis tief ins 19. Jahrhundert hinein in den Schlagwäldern (Niederwäldern) durch Überhalten von Laßreiteln, was zu der heute als Mittelwald bezeichneten Betriebsart führte. In den Nadelholzbeständen wurden je nach Bedarf die stärksten Stämme einzeln genutzt, was wir heute mit dem Ausdruck Plentern bezeichnen. An manchen Orten erfolgte aber die Nutzung in zusammenhängenden Schlägen, wie aus den Forstordnungen des 16. Jahrhunderts hervorgeht.

Sehen wir uns nun bei den Schriftstellern der früheren Zeit um.

12. Heresbach[2]) bespricht 1570 die einzelnen Nutzholzarten und bemerkt, daß sie gesät werden sollen, wo sie fehlen.

13. Göchhausen[3]) ist 1710 der Meinung, daß, wenn man ein holzbares Stück holzen wolle, man zuerst das beste zu Schindeln, Brettern, Bohlen, Bau-, Böttger-Holz etc. heraushauen solle; ähnlich drückt sich 1719 Flemming[4]) aus.

14. Hohberg[5]) warnt 1716, ja nichts zu Brennholz zu verwenden, was Nutzholz gibt. Büchting[6]) hat 1762 diese Warnung wiederholt.

15. Justi[7]) gibt den Rat (1755), insbesondere solches Holz anzubauen, welches gutes Nutzholz gibt. Nach Duhamel (1763) soll dasjenige Holz erzogen werden, das am teuersten bezahlt wird[8]).

16. Weyland[9]) (1763) will kein gesundes, sondern nur verkrüppeltes, gipfeldürres, abgängiges Holz zu Brennholz genommen wissen; in den Schlägen soll das Holländerholz zuerst gehauen und fortgeführt, dann erst das Nutzholz für Handwerker, endlich das Brennholz gefällt werden.

---

[1]) Oberrhein. Zeitschr. 11, 278.

[2]) Rei Rusticae Libri Quattuor. II, 182; er hat hauptsächlich die Gegenden am Niederrhein im Auge.

[3]) Notabilia Venatoris S. 171; ich zitiere nach der 6. Aufl. 1764.

[4]) Der deutsche Jäger S. 73.

[5]) Georgica curiosa S. 674.

[6]) Grundriß zur Verwaltung der Waldungen S. 74.

[7]) Staatswirtschaft S. 209.

[8]) Von der Holzsaat. Übersetzt von Ölhafen S. 22.

[9]) Kurze Abhandlung von Jagd- und Forstsachen S. 132.

Diese Art der Fällung war 1858 in Braunschweig noch üblich. Dort begann der Brennholzhieb erst nach Vorwegnahme der Bloch-, Bau- und Nutzholzmasse durch die Bloch- und Bauholzhauermeister[1]).

17. Öttelt[2]) unterscheidet 1764 die in großen Komplexen auftretenden „Waldforste" (des Thüringer-, Böhmerwaldes etc.) und die zwischen angebauten Gegenden liegenden „Landforste". In ersteren werden holzfressende Werke (Hammerwerke, Glashütten etc.) angelegt, um Absatz zu gewinnen. Um ganz starkes Nadelholz zu erziehen, muß man nach Öttelt wohlgewachsene Bestände auf gutem Boden stehen lassen. Wo keine Schläge sind, werden nur die besten Bäume herausgehauen (ausgebuchtet). Insbesondere bei Laubholz sind Waldforste und Landforste zu unterscheiden.

Wenn in letzteren meist Feurungs- und wenig Werkholz abgegeben werden soll, so müssen aus dem Unterholz Wellen und Knüppel gemacht und können nur hie und da Laßreißer zu Werkholz und Klafterholz stehen bleiben; im Thüringerwald würde niemand Wellen kaufen, dort müsse Klafterholz erzogen werden.

18. Ein anonymer Verfasser[3]) fordert 1764 für jedes Revier besondere Nutzholzhauer; jeder Baum sei dazu zu verwenden, wozu er am besten tauge; Nutzholz dürfe nicht zu Brennholz genommen werden. Das Verhältnis der Preise von Feuerholz, Bauholz und Blockholz sei 1 : 4 : 6.

19. Göttschi in Oberrieden bei Zürich schreibt 1765 in Beantwortung einer Preisfrage[4]): „Für den Waldeigentümer ist es allemal der geringste Nutzen, den er ziehen kann, wenn er den Wald zu Brennholz aufmachen und so verkaufen muß, da er hingegen an Küferholz, Bauholz, Wagnerholz, Sägbäumen, Rebstecken weit mehr erträgt. Dies ist besonders wichtig für entfernte Gemeinden, die ihr Brennholz nicht in die Stadt liefern können, während Wagner-, Küferholz, Rebstecken die Lieferungskosten wohl ertragen mögen".

20. Succow hält 1776 die Verwendung zu Nutzholz für edler, als diejenige zu Brennholz; zu diesem könne jederlei Holz genommen werden. Aber am einen Ort ergebe sich der höchste Vorteil von altem, am andern von mittelaltem, an wieder einem andern von Buschholz; wo Fabriken, Schmelzöfen sich befinden, sei Brennholz vorzuziehen. Nutzholz sei 3—4 mal teurer als Brennholz[5]).

21. Nach Jung[6]) (1781) ist die Erziehung von Nutz- und Werkholz das unstreitig wichtigste Geschäft.

22. Burgsdorf[7]) (1788) will nur Holzarten vom höchsten Ertrag anpflanzen; er beklagt, daß die Hauptabgabe in Klobenholz bestehe und vieles zu Nutz- und Bauholz taugliche Holz aufgespalten werde.

23. Der Wert des Holzes hängt nach Däzel[8]) (1788) von der Brauchbarkeit ab (Art, Länge, Dicke, Gestalt); Brennholz ist wohlfeiler als Bauholz, dieses wohlfeiler als Nutzholz, dieses wieder wohlfeiler als Blockholz. Dieselben Angaben

---

[1]) Geitel, Die Forsten des Herzgt. Braunschweig 1858, S. 204.

[2]) Beweis, daß die Mathesis beim Forstwesen unentbehrliche Dienste tue. S. 34, 38, 46.

[3]) Kurzer systematischer Grundriß der praktischen Forstwissenschaft. Stahls Forstmagazin 4, 284 f.

[4]) Anleitung für die Landleute in Absicht auf das Ausstocken und die Pflanzung von Wäldern S. 61.

[5]) Einl. in die Forstw. S. 4, 232—34.

[6]) Lehrb. der Forstwiss. S. 93.

[7]) Forsthandbuch S. 509.

[8]) Lehrbuch für pfalzbayerische Förster 3, 157.

über das Verhältnis der Preise von Brenn-, Bau- und Werkholz macht 1789 Jeitter für Württemberg[1]).

24. Für die Gegend von Mainz wird 1789 die Ausscheidung besonderer Bauholzdistrikte vorgeschlagen[2]). Da starkes Holz aus Franken bezogen werden könne, genügen für Kiefernzucht 60—70 Jahre; in Gegenden, die weit vom Fluß entfernt seien, also kein Bezug von auswärts möglich sei, werden 150 Jahre erfordert.

25. Banger[3]) teilt 1790 die Preise mit, welche für die vorderösterreichischen Lande von der Landesstelle festgesetzt waren; für Brenn-, Bau-, Nutz-, Sägholz; sie verhalten sich wie 1 : 2 : 3 : 4.

26. Die verschiedenen Sorten von Holländerholz, die nach Länge und Durchmesser am schwachen Ende abgestuft sind, werden 1791 von Müllenkampf aus Mainz aufgezählt[4]). Die Längen für Holländer Bau- und Bodenholz schwanken zwischen 35 und 65 Fuß Länge, die Stärken von 5—12 Zoll Durchmesser am spitzen Ende. Wo der Boden vermagert sei, sollen Föhren gezogen werden; wo der Preis des Nadelholzes niedrig sei, wäre Laubholz vorzuziehen. Beim Hieb können einige verschont und bis auf die zweite Hauzeit des Schlags übergehalten werden; besser sei es, sie in besonderen Schlägen fortwachsen zu lassen und nach 140—150 Jahren sie teilweise zum Hieb anzuweisen.

27. Wiesenhavern[5]) stellt 1794 für schlesische Verhältnisse den Bedarf an verschiedenen Holzgattungen als maßgebend für die Bildung von Betriebsklassen hin. Wo Manufakturen und Städte viel Brennholz erfordern, könne es notwendig werden, Orte, die zu Bauholz Boden haben, zu Brennholz anzulegen. Nach dem Bedarf soll das Verhältnis von Bau- zu Brennholz, wie 1 : 3 gewählt werden. Die entlegensten Flächen sind zu starkem Bauholz zu bestimmen, weil dieses wegen der größeren Seltenheit und wegen des geringen Bedarfs eher aus der Weite geholt werden kann, als Brennholz.

28. Hartig[6]) betont 1791 die Nutzholzzucht nicht so eindringlich, als die vorgenannten Autoren. Er schlägt aber verschiedene Haubarkeitsalter für die stärkeren und schwächeren Sortimente vor: für Brennholz 60—70 Jahre, für Bauholz und Brennholz 100, für Blockholz, Schiffsbauholz 120—180 Jahre.

Etwas später, 1795[7]), schlägt er die Erhöhung der Haubarkeitsalter um ½ oder ¼ vor, wenn sehr starkes Holz erzogen werden soll; wo nur wenig solcher Qualität gefordert werde, können einzelne übergehalten werden.

29. Kling teilt 1791 aus der Kurpfalz[8]) die Beobachtung mit, daß für Holz, das nicht in den Bächen geflößt werden konnte, der Transport über die Berge ebenso viel kostete, als es wert war; es wurde daher zu Scheitern gehauen und auf Wagen und Schlitten an den Floßbach gebracht.

30. Eine ausführliche Beschreibung der 1802 üblichen Nutzholzsortimente findet sich bei Walther[9]). ,,Wer Kenntnisse hat, läßt nur als Brennholz aufschlagen, was als Bau-, Werk- und Nutzholz nicht abgesetzt werden kann".

---

[1]) Handb. der Forstw. S. 246.

[2]) Von Kommun- und Privatwäldern S. 32.

[3]) Forstkatechismus S. 35.

[4]) Vermischte Polizei- und Kameralgegenstände des prakt. Forst- und Jagdwesens S. 57.

[5]) Anleitung zur ,,Forstabschätzung" S. 18.

[6]) Holzzucht S. 43.

[7]) Taxation der Forste S. 25.

[8]) Behandlung der Domänenwaldungen in der Kurpfalz S. 51.

[9]) Forsttechnologie S. 15 ff.

31. Medicus (1802) verlangt für pfälzische Verhältnisse[1]), daß möglichst viel Nutzholz erzogen werde und zwar soll dies für Brennholz und Nutzholz in eigenen Walddistrikten geschehen. In der Nähe großer Städte müsse der Wald mehr Brenn- und Kohlholz, als Bauholz und Nutzholz liefern; abgelegene Gebirge könnten wegen des kostbaren Transports nur durch starkes Bau- und Blochholz einen Ertrag liefern.

32. Sorauer[2]) setzt für Buchen das Haubarkeitsalter auf 100 Jahre fest; wegen Nutzholzzucht sei es vielleicht auf 120, je nach den lokalen Bedürfnissen noch höher zu wählen.

33. Pfeil erwähnt 1816, daß vieles Holz zu Brennholz eingeschlagen werde, weil es (im östlichen Preußen) als Bauholz unmöglich abgesetzt werden könne[3]). Der Konsum beschränke sich auf die Vorhölzer, das Innere werde wenig beachtet. 1822[4]) ist Pfeil die Sicherung des Nutzholzbedarfs gleich wichtig, oft aber auch wichtiger als die des Brennholzbezugs.

In einem andern Werke[5]) (1831) nennt Pfeil es einseitig, Nutzholzzucht zu empfehlen ohne Rücksicht auf Absatz.

Im Jahre 1833 sucht er die Frage zu beantworten, wovon das Verhältnis des Nutzholzes zum Brennholze abhänge[6]).

34. In den Wäldern des bernischen Hochgebirges fehlten nach Kasthofer[7]) 1818 die Abfuhrwege. „Bau- und Nutzhölzer können daher nur in den niedersten Waldzonen benutzt werden, da sie aus den höheren selten, ohne zu zerschmettern, heruntergebracht werden können". Ähnlich spricht sich Zötl[8]) 1831 über die Nutzung im Hochgebirge aus: Bauholz soll nicht in langen Stämmen transportiert werden, wo alles zerschmettert wird; entfernte Wälder sollen nicht auf Brennholz genutzt werden, wegen des vielen Senkholzes.

35. Über die Wirtschaft in den österreichischen Alpen macht Wessely 1853 zerstreute Mitteilungen[9]). Für die Ausfuhr kam hauptsächlich Nutzholz in Betracht, das wegen der kostspieligen Bringungsanstalten in großen Kahlschlägen gewonnen wurde.

36. Für Frankreich gibt Lorentz-Parade[10]) 1837 an, daß es weniger Bauholz als Brennholz gebe.

37. Das Verhältnis des Nutzholzertrags zum Brennholzertrag untersuchte Hundeshagen 1827[11]).

Der Verbrauch und Absatz von Nutzholz machen den bei weitem kleineren Teil des Holzverbrauchs aus. Der Nutzholzbedarf werde in der Regel 6,5—7,5 % nicht übersteigen; in Hessen-Kassel werden 6,5—7 % im Etat 1822/23 angegeben. Ein Vorzug des Nadelholzes sei nicht nachgewiesen. Hartig gebe 8% an. Im Spessart werden 13—14 % als Nutzholz abgesetzt, davon die Hälfte nach auswärts abgeführt. Bei der Besteurung in Hannover werden für Laubholz 12, für

---

[1]) Forsthandbuch S. 270, 329, 544.

[2]) Buchenhochwaldungen S. 42.

[3]) Zustand der Forsten S. 25, 42.

[4]) Grundsätze der Forstw. etc. I, 114.

[5]) Forstbenutzung [2] 22.

[6]) Kritische Blätter 6, II, 94.

[7]) Wälder und Alpen des Bern. Hochgebirges S. 82.

[8]) Forstw. im Hochgebirge S. 541.

[9]) Die österreichischen Alpenländer und ihre Forste.

[10]) Culture des Bois S. 218.

[11]) Beitr. zur Forstw. II, 2, 170. Ausführliche Beschreibung der Nutzholzsortimente in Hundeshagen Encyklopädie [2] 1828, I. 401.

Nadelholz 16 % als Nutzholzertrag angenommen. Im Amt Wolkenstein im Erzgebirge werden 12—13 % als Nutzholz abgesetzt.

38. Die Staatsforstverwaltungen der meisten Länder suchten den Nutzholzabsatz zu heben.

Genauere, zahlenmäßige Nachweise über den Nutzholzanfall reichen bis ca. 1830 zurück, so daß wir für manche Waldgebiete eine 80 jährige Entwickelung genauer verfolgen können.

In Preußen[1]) wurden von 1829/30 bis 1879/1880 vom Derbholz 20—30 % als Nutzholz verwertet.

1830 hatten die höchsten Nutzholzerträge Stralsund 32, Münster 33, Düsseldorf und Erfurt 30. Im Jahr 1860 übertrafen dieselben Bezirke alle übrigen an Nutzholzausbeute; diese betrug in Münster 44, Köln, Magdeburg 42, Düsseldorf 41 %. 1900 haben zwar die westlichen Regierungsbezirke immer noch die höchsten Prozente, doch kommen ihnen einige schlesische Bezirke ziemlich nahe.

39. Für Bayern wurden von 1841 bis 1855 Wirtschaftsregeln für die verschiedenen Landesteile erlassen, welche durchweg die Anzucht von Nutzholz empfehlen[2]). Diese Grundsätze werden 1861[3]) wiederholt; es sollen insbesondere die zum Ökonomie- und Gewerbebetriebe unentbehrlichen stärkeren Bau- und Nutzhölzer erzogen werden.

Das tatsächliche Nutzholzprozent betrug[4]) 1819/55 für ganz Bayern 16, in Oberfranken 23, Oberbayern 21, Schwaben 19, Unterfranken, Pfalz 14, Niederbayern, Mittelfranken 11, Oberpfalz 10.

Die Nutzholzausbeute nahm rasch zu; 1900 hatte sie 50 % bereits überschritten.

40. Das Ziel der Wirtschaft in den sächsischen Staatswaldungen[5]) ist 1865 neben der Nachhaltigkeit des Ertrags größtmögliche Nutzholzproduktion, namentlich in stärkeren Sortimenten; durch die am meisten begehrten Sortimente wird die Umtriebszeit bestimmt. Das Nutzholzprozent betrug 1817/26 17; 1837/46 31; es stieg bis zum Jahre 1863 auf 58, 1890 auf 80 %. Einzelne durch ihre Lage begünstigte Reviere, wie auch ganze Bezirke kommen 1865 schon auf 60—70 %. Sachsen übertrifft seit langen Jahren alle anderen Länder in der Höhe des Nutzholzprozents.

41. In Württemberg[6]) wurden 1850 als Nutzholz 21 % verwertet; 1870 war das Nutzholzprozent auf 40, 1890 auf mehr als 50, 1900 auf 58 gestiegen. In den Nadelholzgebieten des Schwarzwaldes überstieg es schon 1850 mehr als 60 % und erreichte 1870 den Stand von mehr als 70 %.

42. Für Baden wird 1836[7]) die Begünstigung der Nutzholzzucht vorgeschrieben, da die Nutzholzpreise das 2—3 fache der Brennholzpreise betragen.

1838 wird auf der deutschen Forstversammlung in Karlsruhe bemerkt, daß die Waldungen der Ebene und des Hügellandes überhaupt, sowie die Laubwälder des Gebirges auf Brennholz, die Nadelwälder des Gebirges auf Nutzholz bewirtschaftet werden[8]).

---

[1]) Hagen-Donner [3] 2, 281 und jährl. Mitteilungen.

[2]) Forstw. Mitteilungen aus Bayern, Heft 1—14.

[3]) Forstverwaltung Bayerns, 201.

[4]) A. a. O. 348.

[5]) Darstellung der Kgl. sächs. Staatsforstverwaltung S. 16, 18, 31.

[6]) Nach den jährlichen Forststat. Mittlg.

[7]) Instruktion zur Einrichtung der Waldungen.

[8]) Forstl. Zeitschrift für Baden I, 2, S. 35.

Dengler[1]) berichtet (1858) und Gerwig 1868[2]), daß neuerdings wieder mehr Überhälter gezogen werden, um der Nachfrage nach Starkholz zu genügen; für Brennholz werde eine besondere Umtriebszeit festgesetzt.

In den Domänenwaldungen betrug das Nutzholzprozent von der Gesamtmasse 1850—56[3]) 19, 1896 40 %.

43. In den Forsten von Hannover[4]) betrug das Nutzholzprozent 1864 in den herrschaftlichen Holzforsten 29, in den Landforsten 30, in den Gemeindeforsten 14 %.

44. Wessely erwähnt 1853[5]), daß nur das Holz genutzt werde in den Alpen, das leicht zu Tal zu bringen (Nutzholz) oder nahe bei den Bauernhöfen gelegen sei.

Nach Grabner[6]) betrug 1856 der Nutzholzanteil am Gesamtanfall selten mehr als 7—10 %.

45. In Frankreich[7]) werden 1892 aus den Staatswaldungen 35 % des Anfalls als Nutzholz, in den Gemeindewaldungen 24 % abgesetzt. Beim Laubholz beträgt der Anteil des Nutzholzes im Staatswald 26, in den Gemeindewaldungen 14; beim Nadelholz im Staatswald 67, in den Gemeindewaldungen 75 %.

46. Aus den Mitteilungen über die Ergebnisse der tatsächlichen Wirtschaft, wie aus den waldbaulichen Schriften geht hervor, daß seit Jahrhunderten die Nutzholzzucht gegenüber der Brennholzzucht bevorzugt wurde.

Die alten Bestände, die heute genutzt werden, sind unter diesen Anschauungen begründet und erzogen worden. Seit etwa 40 Jahren ist die Nutzholzzucht in noch höherem Grade begünstigt worden. Zu welchen Ergebnissen diese Bestrebungen geführt haben, wird § 182 zeigen.

§ 182. Der Nutzholzabsatz seit dem Jahre 1900.

1. Den Nutzholzabsatz der Gegenwart bringen die unten folgenden Übersichten zur Darstellung.

Sie sind durchweg den amtlichen Mitteilungen entnommen.

Für Deutschland finden sich die ins einzelne gehenden Nachweise in den „Mitteilungen des Deutschen Forstvereins“[8]). In die folgenden Tabellen konnte nur ein Auszug aufgenommen werden.

Das Jahr 1908 ist gewählt worden, weil die Mitteilungen des Deutschen Forstvereins ausführliche Angaben seit diesem Jahre enthalten und weil in den meisten Ländern der Stand des Nutzholzprozents von 1908 demjenigen der Periode 1897—1910 entspricht.

2. Die Nutzholzprozente, die in den deutschen Staatswaldungen erzielt wurden, weist Tabelle 136 nach. Es sind unterschieden die Prozente A. vom Derbholz überhaupt, sodann die Prozente B. vom Nadelholz, C. vom Laubholz, D. von Eichen, E. von Buchen. (Von Bayern sind die Nutzholzprozente für die einzelnen Holzarten nicht angegeben.)

---

[1]) Waldbau 37.

[2]) Die Weißtanne S. 87.

[3]) Forstverwaltung Badens 1857, S. 95, 126.

[4]) Burckhardt, Forstl. Verhältn. des Kgr. Hannover 74.

[5]) Österr. Alpenländer 394.

[6]) Forstwirtschaftslehre II, 155.

[7]) Statistique 1892, S. 17.

[8]) Für das Jahr 1908 in 11, 81—105.

Daß die Waldflächen der einzelnen Länder und die von jeder Nutzholzart angefallenen Mengen innerhalb weiter Grenzen sich bewegen, muß besonders betont werden. In Gebieten mit fast ausschließlicher Laubholzbestockung können von dem anfallenden Nadelholz manchmal sehr hohe Nutzholzprozente erzielt werden.

Tabelle 136.

Nutzholzprozente in den Staatswaldungen von Deutschland. 1908.

A. Vom Derbholz überhaupt.

Prozente	Staatsforstverwaltungen von
81—90	Sachsen;
71—80	Oldenburg; Sachsen-Altenburg; Anhalt; Schwarzburg-Sondershausen; Schwarzburg-Rudolstadt;
61—70	Preußen; Württemberg; Sachsen-Weimar; Sachsen-Meiningen; Sachsen-Koburg; Schaumburg-Lippe;
51—60	Bayern; Braunschweig; Sachsen-Gotha;
41—50	Baden; Mecklenburg-Strelitz; Lippe; Lübeck; Elsaß-Lothringen;
31—40	Hessen; Mecklenburg-Schwerin; Birkenfeld; Ftm. Lübeck; Waldeck und Pyrmont; Hamburg.

B. Vom Nadelholz. 1908.

91—100	Oldenburg; Birkenfeld; Waldeck und Pyrmont;
81—90	Sachsen; Braunschweig; Sachsen-Altenburg; Anhalt; Schwarzburg-Sondershausen; Lippe; Schaumburg-Lippe;
71—80	Preußen; Württemberg; Hessen; Ftm. Lübeck; Sachsen-Weimar; Sachsen-Meiningen; Schwarzburg-Rudolstadt; Elsaß-Lothringen;
61—70	Baden; Mecklenburg-Strelitz; Sachsen-Koburg; Sachsen-Gotha;
51—60	—
41—50	Mecklenburg-Schwerin; Hamburg;
31—40	Lübeck.

C. Vom Laubholz. 1908.

61—70	Schaumburg-Lippe;
51—60	Sachsen; Oldenburg; Anhalt;
41—50	Sachsen-Altenburg; Schwarzburg-Rudolstadt; Lübeck;
31—40	Preußen; Ftm. Lübeck; Sachsen-Weimar; Braunschweig; Lippe;
21—30	Mecklenburg-Schwerin; M.-Strelitz; Sachsen-Meiningen; Sachsen-Koburg; S.-Gotha; Schwarzburg-Sondershausen; Hamburg; Elsaß-Lothringen;
11—20	Württemberg; Baden; Hessen; Birkenfeld; Waldeck und Pyrmont.

D. Von Eichen. 1908.

91—100	Hamburg;
81—90	Ftm. Lübeck;
71—80	Oldenburg; Lippe; Schaumburg-Lippe; Lübeck;
61—70	Sachsen-Altenburg; Sachsen-Gotha; Schwarzburg-Sondershausen; Schw.-Rudolstadt;
51—60	Preußen; Sachsen; Württemberg; Mecklenburg-Strelitz; Birkenfeld; Sachsen-Weimar; Braunschweig; Sachsen-Meiningen; Anhalt; Waldeck und Pyrmont;
41—50	Mecklenburg-Schwerin; Elsaß-Lothringen;
31—40	Baden; Hessen; Sachsen-Coburg.

E. Von Buchen. 1908.

Prozente	Staatsforstverwaltungen von
51—60	Sachsen; Anhalt; Schaumburg-Lippe;
41—50	—
31—40	Schwarzburg-Rudolstadt; Lübeck;
21—30	Preußen; Ftm. Lübeck; Sachsen-Weimar; Braunschweig; Sachsen-Meiningen; Sachsen-Gotha; Schwarzburg-Sondershausen; Lippe;
11—20	Hessen; Mecklenburg-Schwerin; M.-Strelitz; Oldenburg; Waldeck und Pyrmont; Elsaß-Lothringen;
1—10	Württemberg; Baden; Birkenfeld; Sachsen-Koburg; Hamburg.

Die Unterschiede im Nutzholzanfalle sind überraschend hoch sowohl im ganzen, als bei den einzelnen Holzarten. Die Ursachen werden in § 183 besprochen werden.

3. Neben den in Ziffer 2 für ganze Staaten nachgewiesenen Nutzholzprozenten ist noch eine Übersicht über die in einzelnen Landesteilen erzielten Prozente nötig. Eine solche ist in Tabelle 137 enthalten. Diese letztere ist für die waldbauliche Verwertung der statistischen Ergebnisse von besonderer Wichtigkeit.

In Tabelle 137 sind die in den Gemeinden- und Privatwaldungen erzielten Prozente (teilweise nach Grenzwerten) beigefügt.

Tabelle 137.

A. Nutzholzprozente vom Derbholz nach einzelnen Gegenden. 1908.

Preußen. Staatswaldungen. Regierungsbezirke: Oppeln 87, Köln 84, Liegnitz, Osnabrück 81, Düsseldorf 79, Stade 75, Posen, Breslau, Allenstein 73, Frankfurt 70. — Wiesbaden 31, Kassel 44, Gumbinnen, Köslin 46, Koblenz 47, Königsberg, Trier 48.

Provinz	Gemeindeforste	Privatforste	Provinz	Gemeindeforste	Privatforste
Ostpreußen . .	4—82	16—52	Sachsen. . . .	27—84	33—77
Westpreußen .	16—61	61—63	Schleswig-Holstein	51	51
Posen	75—85	38—68	Hannover . . .	17—89	64—76
Pommern . . .	4—75	33—53	Westfalen . . .	22—98	42—87
Brandenburg . .	2—97	7—98	Hessen-Nassau	35—60	31—74
Schlesien . . .	35—91	51—94	Rheinprovinz . .	8—84	26—86
			Hohenzollern . .	37	Fürstl. Hohenz. 60

Bayern. Gemeindewaldungen im ganzen 49.

	Gemeindewaldungen	Privatwaldungen
Oberbayern	—	56—70
Pfalz	78	—
Oberpfalz	—	38—76
Mittelfranken	55	40
Unterfranken	—	44—79
Schwaben	46	38—71
Thurn und Taxis	—	56

Sachsen. Staatswaldungen. Forstbezirk Zschoppau 91 (höchste), Dresden 67 (niedrigste), Gemeindeforste 64—93. Fürst Schönburg 80.

Württemberg. Staatswaldungen. Landesteile 34—81. Gemeindeforste 38—92. Fürst Bentheim 82.

Baden. Staatsforste. Landesteile 16—62. Murgschifferschaft 78. Gemeindewaldungen nach Landesteilen 15—56. Baden-Baden 54. Freiburg 49. Heidelberg 20. Villingen 58. Fürst Fürstenberg 64. Salem 46.

Hessen. Gemeindeforste 37. Privatforste 19—66.

Elsaß-Lothringen. Gemeindeforste 43 (20—51).

B. Nutzholzprozente vom Nadelholz nach einzelnen Gegenden. 1908.

Preußen. Staatswaldungen. Regierungsbezirke: Arnsberg 99, Köln 97, Aachen 96, Trier 95, Düsseldorf 94, Koblenz, Minden 93, Hannover 89, Wiesbaden, Osnabrück, Oppeln 88, Stade, Liegnitz 84, Lüneburg 83, Schleswig 82, Erfurt, Hildesheim 81. — Köslin 59, Gumbinnen 62, Posen 66, Marienwerder, Bromberg 67, Königsberg 68, Danzig, Stettin 70.

Provinz	Gemeindeforste	Privatforste	Provinz	Gemeindeforste	Privatforste
Ostpreußen . .	26—82	26—75	Sachsen . . .	35—95	73—95
Westpreußen . .	36—74	68—81	Schleswig-Holstein	75	80
Posen	69—85	38—87	Hannover . . .	49—99	64—89
Pommern . . .	37—94	48—66	Westfalen . . .	96—100	92—99
Brandenburg . .	22—97	50—98	Hessen-Nassau .	49—83	87—97
Schlesien . .	32—91	53—99	Rheinprovinz .	72—100	83—100
			Hohenzollern . . .	62	Fürstl. Hohenz. 81

Bayern. Gemeindeforste 60.
Oberbayern. Privatforste 71—78.
Pfalz. Gemeindeforste: Bergzabern 80.
Oberpfalz. Privatforste 37—76.
Oberfranken. Privatforste 95.
Mittelfranken. Privatforste 54, Gemeindeforste 67.
Unterfranken. Privatforste 55—97.
Schwaben. Privatforste 55—77, Gemeindeforste 40—72.
Thurn und Taxis 60.

Sachsen. Staatsforstbezirke: Grillenburg 89 (höchste), Dresden 67 (niedrigste). Gemeindeforste 64—94, Fürst Schönburg 82.

Württemberg. Staatswaldungen nach Landesteilen 70—85; Gemeinden 53—90. Fürst Bentheim 86.

Baden. Staatswaldungen 22—74. Murgschifferschaft 80. Gemeinden 13—67. Baden-Baden 70. Freiburg 66. Heidelberg 39. Villingen 59. Fürst Fürstenberg 80. Salem 66. Löwenstein-Freudenberg 79. Löwenstein-Rosenberg 86.

Hessen. Gemeindeforste 55. Erbach-Erbach 82. Erbach-Fürstenau 68. Erbach-Schönberg 75. Riedesel 85. Schlitz 77. Solms-Laubach 93.

Mecklenburg-Schwerin. Gr. Haushaltsforste 48. Rostock 70. Parchim 54. Waren 63.

Elsaß-Lothringen. Staatswaldungen 68—81. Gemeindeforste 63—70.

C. Nutzholzprozente vom Buchenholz nach einzelnen Gegenden. 1908.

Preußen. Staatswaldungen. Regierungsbezirke: Köln 60, Düsseldorf 50, Liegnitz 49, Breslau 47, Oppeln 44, Hannover 43, Arnsberg 42, Königsberg, Minden 41, Osnabrück, Merseburg 40, Koblenz 13, Wiesbaden 15, Kassel 19, Posen, Köslin 21.
Westpreußen: Graf Fink v. Finkenstein-Schönberg 62, Schlesien: Grottkau 72, Lauban, Löwenberg 70, Sprottau 66, Heinrichau 69.
Bayern. Gemeindeforste 13. Stiftsforste Augsburg 34.
Sachsen. Staatsforstbezirke Eibenstock 65 (höchste), Grimma 44 (niedrigste). Gemeindeforste 33—73. Privatforste 66.
Württemberg. Staatsforste 9—12. Gemeindeforste 2—33.
Baden. Staatsforste 4—19. Murgschifferschaft 43. Gemeindeforste 1—11. Baden-Baden 24, Freiburg 20, Heidelberg 8. Villingen 18. Privatforste 14—23. Fürstenberg 14. Löwenstein-Rosenberg 23.
Hessen. Gemeindeforste 5. Privatforste 2—20.
Mecklenburg-Schwerin. Rostock 29, Parchim 5. Waren 10.
Elsaß-Lothringen. Gemeindeforste 12 (6—16).

Es soll ausdrücklich hervorgehoben werden, daß zufällige Verhältnisse in dem einen Jahre 1908 einigen Einfluß ausgeübt haben können. Um solche zu ermitteln, wurden daher stets einige weitere Jahre zum Vergleich herangezogen und auffallende Zahlen von 1908 unberücksichtigt gelassen. Auch wenn man für diese außerordentlichen Anfälle einen gewissen Abzug macht, bleiben doch die Unterschiede in den Nutzholzprozenten außerordentlich groß (vergl. § 183).

4. Die Tabelle 138 weist die Nutzholzprozente in den österreichischen Staats- und Fondsforsten 1899—1903[1]) nach.

Tabelle 138.

Direktionsbezirk	Staatsforste vom harten Holze	Staatsforste vom weichen Holze	Religionsfondsforste vom harten Holze	Religionsfondsforste vom weichen Holze
Wien	8	55	7	60
Gmunden	4	52	0,3	51
Salzburg	9	34	—	—
Innsbruck	0,1	60	13	59
Görz	15	63	16	63
Lemberg I	19	56	12	38
Lemberg II	7	69	—	—
Czernowitz	8	35	6	84
	9	53	9	59

5. Ungarn. Bedö[2]) gibt für ganz Ungarn 1896 an, daß das Nutzholzprozent im Durchschnitt des ganzen Landes betrage

bei Eichen . . . . 25—40
„ Buchen . . . . 3—15
„ Nadelholz . . . . 70—85.

Für die einzelnen Gegenden siehe Tabelle 139.

[1]) Jahrb. der Staats- und Fondsgüter-Verwaltung 6, 61.
[2]) Bedö a. a O. ² XLII.

Tabelle 139.

Nutzholzprozent in den Staatsforsten. 1909[1]).

Forstbezirk		Forstbezirk		
1. Beszterzebánya	62	12. Lippa	14	
2. Zsarnócza	37	13. Tótsóvár	36	
3. Mármarosziget	57	14. Apatin	6	
4. Bustyaháza	75	15. Gödöllö	3	
5. Kolozsvár	44	Ungarn		36
6. Szaszsebes	37	1. Zágráb	20	
7. Lugos	17	2. Vinkovčo	28	
8. Orsova	10	3. Sušak	40	
9. Liptóújvár	81	Kroatien — Slavonien		24
10. Ungvár	17			
11. Nagybánya	7	zusammen		34

6. Schweiz. Das Nutzholzprozent schwankt zwischen 24 und 82 %[2]). In den Waldungen der Stadt Chur, die größtenteils im Hochgebirge liegen, beträgt das Nutzholzprozent 1897—1906 46 %[3]).

7. Die höchsten Nutzholzprozente im ganzen erzielen die Staatswaldungen von Sachsen; fast alle Reviere des Erzgebirges und des Vorlandes übersteigen 80, nicht wenige 90 % (der höchste Betrag ist 96 %).

Über 90 und bis 95 % erreichen einige Reviere des württembergischen Schwarzwaldes, 80 % und darüber werden in einzelnen Bezirken von Oberbayern, Niederbayern, Schwaben, sodann des badischen Schwarzwaldes, endlich von Unterelsaß und Lothringen angegeben. Vereinzelt finden sich diese Prozente auch in fast allen Regierungsbezirken von Preußen, sodann in Braunschweig und Thüringen.

Entscheidend ist hiebei der Anteil des Nadelholzes, von dem durchweg höhere Prozente des Gesamtanfalls als Nutzholz abgesetzt werden können. Die Reviere mit 90—96 % Nutzholzanfall sind mit Nadelholz, insbesondere Fichten und Tannen bestockt.

Der Anfall von Nutzholz in Buchenwaldungen bleibt sehr weit hinter demjenigen des Nadelholzes zurück. Das Nutzholzprozent ist aber doch höher, als man anzunehmen pflegt; werden doch in mehreren Gegenden 50—70 % des Buchenholzanfalls als Nutzholz abgesetzt. Die absoluten Mengen bewegen sich allerdings innerhalb sehr weiter Grenzen.

Von den preußischen Regierungsbezirken sind es nur Kassel, Wiesbaden, Koblenz, in welchen nicht 20 %, aber (bei 20—50 000 Fm absolutem Anfall) immerhin 19, 15, 13 erreicht werden. In Düsseldorf und Köln beträgt (bei einem absoluten Anfall von nur 6000 Fm) das Nutzholzprozent 60 und 50, in 7 Bezirken werden 40, in 6 Bezirken 30 % überschritten.

In den sächsischen Forstbezirken schwankt der Absatz von Buchennutzholz zwischen 44 und 65 %; allerdings beträgt der Anfall nur etwa 1000, nur in zwei Bezirken 2—3000 Fm. In Süddeutschland bleibt der Absatz an Buchenholz erheblich hinter Mittel- und Norddeutschland zurück. Über 80 % Eichennutzholz werden nachgewiesen für die Bezirke Köln, Osnabrück, Stade, Königsberg. Unter 40 % steht kein preußischer Bezirk. Auch beim Eichenholz steht Süddeutschland etwas hinter Norddeutschland zurück.

[1]) Ungar. Statist. Jahrbuch 1909, 145.

[2]) Flury, Schweiz. Zeitschr. 1903, 174.

[3]) Henne, Wirtschaftsplan etc. Tabelle A.

§ 183. Die Bedingungen der Nutzholzwirtschaft.

1. Seit etwa 150 Jahren suchen Wissenschaft und Praxis die Nutzholzwirtschaft zu steigern. Zu welchem Ziele haben diese Bestrebungen nun in Wirklichkeit geführt? Keineswegs zu einem allgemeinen Überwiegen des Nutzholzes über das Brennholz. (§ 181, 182). In den meisten Ländern ist überdies eine entschiedene Steigerung des Nutzholzanfalls erst in den letzten Jahrzehnten eingetreten.

Im Jahre 1887 blieb in allen deutschen Staaten, mit Ausnahme von Sachsen, der Anteil des Nutzholzes unter 50 % zurück[1]). Seitdem ist, von kleinen Schwankungen abgesehen, die Nutzholzausbeute anhaltend gestiegen.

Der Anfall von Brennholz ist aber seit dieser Zeit nicht zurückgegangen (§ 180, 1). Wenn die Nutzholzausbeute in den letzten Jahrzehnten erheblich gestiegen ist, so rührt dies von dem erhöhten Materialertrag der Waldungen während der letzten Jahrzehnte her, von dem das Nutzholz eine absolut und verhältnismäßig größere Quote ausmacht.

Fassen wir nun den Gang des Nutzholzanfalls genauer ins Auge.

2. Die Bewegung des Nutzholzprozents ist seit etwa 60—70 Jahren zwar im allgemeinen eine steigende, sie zeigt aber im einzelnen viele Schwankungen. Selbst im Durchschnitt ganzer Länder schwankt der Absatz von einem Jahr zum andern ganz regelmäßig um 6—8 %; in den einzelnen Revieren um 10—15, selbst 20 %. Einem Jahre hohen Standes folgen sogar mehrere (8—10) Jahre anhaltend niederen Standes.

Die allgemeinen Handels- und Verkehrsverhältnisse, Zeiten wirtschaftlichen Aufschwungs oder Niedergangs, Geld- und Handelskrisen, Kriege und Kriegsbefürchtungen, gute oder schlechte Ernten wirken entscheidend auf die Baulust privater und industrieller Kreise, damit auf den Bedarf an Nutzholz und auf die Absatzfähigkeit der einzelnen Nutzholzsortimente ein. Die Waldbesitzer schränken die Ausbeute im einen Jahre, in der einen Periode mehr oder weniger ein, erhöhen sie dagegen in volkswirtschaftlich günstigen Zeiten. In letzteren kann auch Holz geringerer Qualität leicht abgesetzt werden; in Zeiten flauen Geschäftsganges kann nur tadellose Ware auf Nachfrage zu guten Preisen rechnen.

3. Dichte Bevölkerung, hoher Verbrauch der Industrie rufen einen größeren, nach Gegenden verschiedenen Bedarf hervor. Dieselbe Wirkung hat die Nachfrage des Handels, wenn der Absatz durch Flüsse oder Eisenbahnen erleichtert, der Transport verbilligt ist. So kommt es, daß große Waldgebiete (Schwarzwald, Vogesen, Böhmerwald, Erzgebirge etc.) trotz dünner Bevölkerung hohe Nutzholzprozente aufweisen, andererseits aus entlegenen, unaufgeschlossenen Waldungen (Karpathen, Slavonien, Bosnien), trotz vorzüglicher Qualität des Holzes

[1]) S. die Zusammenstellung bei Hagen-Donner, a. a. O. [3] 2, 282.

nur ein verhältnismäßig geringer Absatz möglich ist. Diese Beobachtung läßt sich auch in einzelnen Waldteilen großer Reviere machen; der Bau von Waldwegen beeinflußt auch das Nutzholzprozent.

Der Hauptfaktor, von dem die Nutzholzwirtschaft beeinflußt wird, liegt außerhalb des Waldes und ist zum größten Teil der Einwirkung des Waldbesitzers entzogen.

4. Daß die Holzart einen sehr großen Einfluß auf das Nutzholzprozent ausübt, geht aus den Übersichten in § 182 deutlich hervor. Nadelholz ist das am meisten begehrte, daher in großen Mengen absetzbare Sortiment (Bau- und Sägholz, Papier- und Grubenholz). Dies beweisen auch die Ein- und Ausfuhrlisten aller Länder. Außerdem gestattet das Nadelholz die Verwendung fast des ganzen Stammes, auch bei den schwächeren und jüngeren Altersklassen, zu Nutzholz, während bei Laubholz (Eichen, Buchen), der astfreie Schaftteil verhältnismäßig kurz ist.

5. Fehler des Holzes vermindern die Verwendbarkeit zu verschiedenen Zwecken. Rot- und weißfaule, krebsige, astige, kurzschaftige, krumme, abfällige Stämme sind nur in seltenen Fällen und nur in geringen Mengen als Nutzholz absetzbar. Bei dem heutigen, durch die Nachfrage der Industrie sehr hohen Preisstande sind jedoch die Ansprüche an die Qualität des Holzes eher geringer geworden.

6. Die Verwendbarkeit der Stämme, damit ihr Wert und Preis nehmen im allgemeinen mit der Stärke und Länge der Stämme zu. Das Bestreben des Waldbesitzers wird deshalb dahin gehen, den Anteil des starken Holzes in einem Bestande auf das höchst erreichbare Maß zu steigern. Die Sortimentsabgrenzung und die Sorgfalt in der Sortierung spielen hiebei eine wichtige Rolle.

7. Bei der Beurteilung der Nutzholzprozente verschiedener Gegenden sind also mehrere Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Insbesondere ist der Anteil der verschiedenen Holzarten am Bestande zu beachten, da vom Nadelholz im allgemeinen ein höherer Prozentsatz des Nutzholzes erzielt wird. Diese Eigenschaft des Nadelholzes hat namentlich in neuerer Zeit zur Verminderung der Laubholzbestände und zu einem ausgedehnten künstlichen Anbau der Nadelhölzer geführt.[1])

Außerdem ist zum Zwecke der Nutzholzerziehung das technische Verfahren der Waldbehandlung in mehrfacher Hinsicht verändert worden. (Durchforstungen. Lichtwuchsbetrieb etc.). Näheres hierüber im III. Teil.

---

[1]) Dieser Vorgang hat schon früher die Aufmerksamkeit der Forstwirte auf sich gezogen; vergl. Berg, Das Verdrängen der Laubwälder im nördlichen Deutschland durch die Fichte und die Kiefer in forstl. und nationalök. Hinsicht beleuchtet. 1844. Ferner: Jacobi. Die Verdrängung der Laubwälder durch die Nadelwälder in Deutschland. 1912.

VII. Der Preis des Holzes.

§ 184. Allgemeines.

1. Von dem jährlich anfallenden Holzquantum wird ein größerer oder geringerer Teil vom Waldbesitzer verkauft. Er wird dabei das Bestreben haben, die höchsten Preise für sein Holz zu erzielen. Da die Preise nach Holzart und Qualität des Holzes verschieden sind, wird er im Walde die am höchsten bezahlten Sortimente zu erziehen suchen. Dies geschieht durch eine besondere Waldbehandlung. Der Preis des Holzes wirkt daher auf die waldbaulich-technische Seite der Waldwirtschaft ein.

2. Zunächst sollen die Preise der verschiedenen Holzarten zur Darstellung kommen. Die Anzucht der einzelnen Holzarten, die Begünstigung der einen oder anderen Holzart im gemischten Bestande hängt unmittelbar mit den zu erhoffenden Preisen zusammen.

3. Eine weitere Untersuchung soll die geographischen Unterschiede der Holzpreise nachweisen.

4. Endlich wird die Bewegung der Holzpreise, ihr Steigen und Fallen noch kurz besprochen werden.

§ 185. Die höchsten Waldpreise und die höchsten Marktpreise in Deutschland.

1. Die nachfolgende Übersicht der Preise der verschiedenen Holzarten (Tabelle 140) soll ein allgemeines Bild der Preisverhältnisse gewähren. Es sind Waldpreise und Marktpreise unterschieden. Letztere entsprechen den bei größeren Lieferungen im Submissionswege verlangten Preise. Unter Waldpreisen sind die im Walde erzielten Erlöse zu verstehen. In beiden Fällen sind nicht die Durchschnittspreise, sondern die Höchstpreise aufgeführt, welche je für die wertvollsten Sortimente (I. Klasse) bezahlt wurden. Die Angaben sind den Holzhandelszeitungen der letzten 10 Jahre entnommen. Die Faktoren, die im einzelnen Falle auf die Höhe des Preises einwirken (wie Größe des Angebots, besondere Qualität, Belegenheit der Waldungen, Transportkosten etc.), können nicht berücksichtigt werden. Auch die Ungleichheit der Sortierung in verschiedenen Gegenden muß außer Betracht bleiben.

2. Wenn für einzelne Holzarten der Preis in einem Rahmen angegeben ist, so soll damit ausgedrückt sein, daß zu gleicher Zeit der Preis an verschiedenen Orten verschieden hoch war. Im allgemeinen gehören die Preise sei 1900 zu den höchsten, die bis jetzt bezahlt wurden. Die außerordentlich hohen Preise seit 1911 sind nicht einbezogen, da sie vielleicht nur vorübergehend sind. Doch mag angeführt werden, daß im Spessart 1912—14 pro Fm Eichenholz 500 ℳ und darüber erlöst wurden.

Tabelle 140.

Die höchsten Waldpreise und die höchsten Marktpreise. 1900—1910.

	Höchster Waldpreis pro Fm ℳ	Höchster Marktpreis pro Fm ℳ
1. Ahorn	40—63	70—125
2. Aspe	22	—
3. Birke	28	—
4. Buche	30—45	38—68
5. Eiche	95—162	120—200
6. Elzbeere	37	—
7. Erle	30—49	42—90
8. Esche	42—87	60—150
9. Hainbuche	32—48	65—124
10. Linde	33—69	60—115
11. Pappel	20—30	36—75
12. Ulme	30—57	69—120
13. Nußbaumholz	—	250—319
14. Birnbaum	—	59—84
15. Akazie	16—20	—
16. Fichte	25—33	39—50
17. Föhre	30—47	44—92
18. Lärche	28—37	—
19. Tanne	24—28	35—50

3. Die Preise des Laubholzes sind fast durchweg höher, als diejenigen des Nadelholzes.

4. Die Marktpreise sind 2—3 mal so hoch als die Waldpreise. Zu einem großen Teil rührt dies von den Transportkosten, sodann vom Risiko, und den Kapitalzinsen bei längerer Lagerung her. Zu diesen Gestehungskosten kommt der Unternehmergewinn hinzu.

§ 186. Die durchschnittlichen Holzpreise in Deutschland.

1. Den Mitteilungen des Deutschen Forstvereins ist Tabelle 141 entnommen, welche die Preise von Deutschland enthält.

Tabelle 141.

Holzpreise verschiedener Staatsforstverwaltungen in Deutschland.

A. Preise für 1 Fm Gesamtnutzung (Derbholz + Reisig). 1908.

ℳ	
17,1—18,0	Sachsen-Gotha.
14,1—15,0	Württemberg, Sachsen, Schw.-Rudolstadt, Schw.-Sondershausen.
13,1—14,0	Baden, Sachsen-Meiningen.
12,1—13,0	Elsaß-Lothringen, Sachsen-Weimar, Oldenburg.
11,1—12,0	Bayern, Mecklenburg-Strelitz, Anhalt.
10,1—11,0	Braunschweig, Hessen, Birkenfeld, Fürstentum Lübeck.
9,1—10,0	Preußen.
8,1—9,0	Mecklenburg-Schwerin.
7,1—8,0	Waldeck.

B. Preise für 1 Fm Nutzholz. 1908.

ℳ	
22,1—23,0	Sachsen-Gotha.
19,1—20,0	Baden, Sachsen-Weimar, Rudolstadt, Sondershausen, Württemberg.
18,1—19,0	Bayern, Sachsen, Sachsen-Meiningen, Fürstentum Lübeck.
17,1—18,0	Elsaß-Lothringen, Braunschweig, Hessen, Mecklenburg-Strelitz.
16,1—17,0	—
15,1—16,0	Anhalt.
14,1—15,0	Preußen, Oldenburg, Birkenfeld.

C. Preise für 1 Fm Brennholz. 1908.

ℳ	
10,1—11,0	Sachsen-Gotha.
9,1—10,0	—
8,1—9,0	Baden, Elsaß-Lothringen, Birkenfeld, (Württemberg).
7,1—8,0	Hessen, Sachsen-Meiningen, Sachsen-Weimar.
6,1—7,0	Bayern, Oldenburg, Fürstentum Lübeck, Schw.-Rudolstadt, Schw.-Sondershausen.
5,1—6,0	Preußen, Sachsen, Braunschweig, Mecklenburg-Strelitz, Anhalt.

2. Die Länder mit den niedrigsten Preisen verhalten sich zu denjenigen mit den höchsten

bei dem gesamten Einschlage wie . . . . . . 100 : 237
beim Nutzholz wie . . . . 100 : 158
beim Brennholz wie . . . . 100 : 212.

Im allgemeinen haben die Länder mit hohen Nutzholzpreisen auch hohe Brennholzpreise. Im einzelnen gibt es aber Ausnahmen. So hat z. B. Sachsen auffallend niedere Brennholzpreise, während Elsaß-Lothringen, Hessen, Birkenfeld sehr hohe Brennholzpreise haben.

In Preußen bewegt sich der Preis für 1 Fm der Gesamtnutzung zwischen 6,70 (Gumbinnen) und 12,68 (Liegnitz).

Über dem Landesdurchschnitt stehen die Regierungsbezirke Allenstein; Potsdam, Frankfurt, Stettin; Breslau, Liegnitz, Oppeln; Magdeburg, Merseburg, Erfurt; Hannover, Hildesheim, Stade, Osnabrück; Arnsberg; Düsseldorf, Köln, Trier.

Der Preis für 1 Fm Nutzholz beträgt 10,72 (Gumbinnen) bis 19,76 (Magdeburg), für 1 Fm Brennholz 3,26 (Aachen) bis 7,39 (Trier).

Es verhält sich der niedrigste Preis zum höchsten

bei der Gesamtnutzung wie . . . . 100 zu 189
beim Nutzholz wie . . . . 100 „ 185
beim Brennholz wie . . . . 100 „ 227

Die Brennholzpreise von Aachen, Düsseldorf, Köln stehen weit unter dem Landesdurchschnitt von Preußen, während die Nutzholzpreise dieser Bezirke dem Landesdurchschnitt gleichkommen oder ihn überschreiten.

In Bayern übertreffen den Landesdurchschnitt die Preise von Schwaben, Mittelfranken, Oberfranken und Unterfranken und einigen Bezirken der Pfalz.

In Württemberg ragt durch besonders hohe Preise die Gegend um Stuttgart, durch niedere der Jura östlich von Sigmaringen hervor.

Sachsen hat im allgemeinen sehr wenig abweichende Preise; bei der Gesamtnutzung im Verhältnis von 100 : 146; beim Nutzholz 100 : 132; beim Brennholz 100 : 157.

In den Forstbezirken Bärenfels, Marienburg, Schwarzenberg stehen die Preise am höchsten.

In Baden treffen wir die höchsten Preise östlich von Karlsruhe, im mittleren Schwarzwald und im nordöstlichen Landesteile des Baulandes.

In Hessen stehen die Preise in der Provinz Starkenburg am höchsten, in Oberhessen am niedrigsten.

In Braunschweig sind die Preise sehr verschieden. Es verhält sich der niedrigste Preis zum höchsten bei der

Gesamtnutzung wie	100 zu 341
beim Nutzholz wie	100 „ 200
beim Brennholz wie.	100 „ 414.

3. Auf die Preise der einzelnen Reviere kann hier nicht eingegangen werden. Eine Vergleichung der höchsten und niedrigsten Preise in den Revieren der größeren Bezirke ergibt, daß in nahe gelegenen Revieren der Preis um 50—100 und mehr Prozente verschieden ist.

§ 187. Die Holzpreise in Österreich-Ungarn.

1. Die Preise von Österreich und Ungarn beanspruchen deshalb besonderes Interesse, weil aus diesen Ländern eine bedeutende Holzausfuhr stattfindet. Die Preise müssen daher tiefer stehen, als in einem Einfuhrlande.

Eine fortlaufend geführte Preisstatistik ist, da der Staatswaldbesitz zurücktritt, nicht vorhanden. Die nachstehenden Angaben können daher ein vollständiges Bild der Preisverhältnisse nicht geben. Vielfach findet der Verkauf auf dem Stocke statt. (Die Preise sind aus Gulden bezw. Kronen in Mark umgerechnet.)

Das reiche Material, das der österreichische Reichsforstverein gesammelt hat, ist von A. v. Guttenberg verarbeitet[1]).

2. Aus den österreichischen Staatsforsten sind nur die höchsten Preise, die erzielt wurden, veröffentlicht.

Höchstpreise in den österreichischen Staats- und Fondsforsten. 1903[2]).

Direktion	Nadelnutzholz Pro Fm ℳ	Brennholz harte Scheiter Pro Rm ℳ	Brennholz weiche Scheiter Pro Rm ℳ
Wien	11,90—20,82	5,10—6,97	5,10—9,86
Gmunden	10,20—16,15	5,44—5,48	5,06—5,44
Salzburg	9,77—11,40	5,91—5,95	2,21—2,38
Innsbruck	6,12—21,67	—	—
Lemberg (am Stock) . . .	3,94—13,17	—	1,57—5,01
Czernowitz (am Stock) . .	1,02—11,05	2,31—3,82	0,81—1,78

3. Böhmen[3]). Preise in den Staatsforsten. 1898.

Bau- und Nutzholz pro Fm	hart	weich
Mittenstärke bis 20 cm . . .	10,71	10,11
21/30 „ . . .	13,68	13,85
über 30 „ . . .	28,90	20,57
Brennholz pro Rm	hart	weich
Scheiter	5,10	4,76
Prügel	3,06	3,74

[1]) Die Holzpreise in Österreich in den Jahren 1848 bis 1898. Wien 1902.

[2]) Jahrb. der Staats- und Fondsgüter-Verwaltung 6,83 ff.

[3]) v. Guttenberg S. 54.

4. Mähren[1]).

Preise im Durchschnitt der 15 Forstämter des Fürsten Lichtenstein. 1898.

Für 1 Fm *M*

Mittelstärke	Eiche I. Kl.	Buche	Fichte, Tanne, Föhre.
bis 20 cm	14,28	7,31	6,36
21/30 „	17,51	8,79	8,70
31/40 „	23,03	10,25	10,98
über 40 „	28,56	11,39	12,66

Forstamt Sternberg. 1898. *M* für 1 Rm

Brennholzscheiter . . hart 6,20 weich 4,18

5. Schlesien[2]). 1898.	Westschlesien	Ostschlesien
	M pro Fm	
Buchen-Stammholz im Mittel	11,76	6,37
Fichten-, Tannen-Stammholz im Mittel	11,93	9,91
	M pro Rm	
am Stock: Buchen-Scheiter	5,44	3,40
am Stock: Fichten-, Tannen-Scheiter	4,76	3,06

6. Galizien[3]). Herrschaft Tenczyneck. 1894—98.

	pro Fm *M*
Eichen-Stammholz	12,00
Buchen-Nutzholz	7,99
Föhren-Stammholz	9,60
	pro Rm *M*
Buchen-Scheiter	3,40
Föhren-Scheiter	3,23

7. Forste der Stadt Lemberg, 1897[4]).

	pro Fm *M*
Eichen-Stamm- und Klotzholz	12,03
Föhren- und Fichten-Klotzholz	7,65
	pro Rm *M*
Brennholz: Scheiter, hart	4,02
„ weich	2,62
Prügel, hart	2,87
„ weich	1,82

8. In der Bukowina[5]) sind die Preise sehr niedrig. Im Forstbezirk Rewna kostete 1900 1 Fm Eichennutzholz auf dem Stock 9,25 *M*, hartes Scheitholz im Walde pro Rm 4,00 *M*.

Der Marktpreis für 1 Rm Buchenscheitholz I. Klasse war 1898 in Czernowitz 6,12 *M*.

9. v. Guttenberg faßt das Ergebnis seiner Untersuchungen dahin zusammen[6]), daß im allgemeinen in allen Ländern von 1848—1898 eine bedeutende Preiserhöhung stattgefunden habe. Beim Nutzholze betrug sie meistens das 2—3 fache, beim Brennholze das 1½—2 fache des ursprünglichen Preises. Die Höhe der erzielbaren Preise ist sehr verschieden. Schon seit Dezennien hat Böhmen die höchsten Preise, dann folgen Mähren und zum Teil Schlesien, dann Nieder- und Oberösterreich und die Alpenländer, endlich Galizien und die Bukowina.

[1]) v. Guttenberg S. 89.
[2]) v. Guttenberg S. 111.
[3]) v. Guttenberg S. 120.
[4]) v. Guttenberg S. 123.
[5]) v. Guttenberg S. 125.
[6]) S. 137.

10. Ungarn [1].

Preise im Walde am Stock. 1894.

	Eiche				Buche		
	Bauholz über 35 cm unteren Durchmesser pro Fm ℳ	Bauholz unter 35 cm unteren Durchmesser pro Fm ℳ	Nutzholz pro Fm ℳ	Brennholz pro Rm ℳ	Bau- und Nutzholz über 35 cm unteren Durchmesser pro Fm ℳ	Bau- und Nutzholz unter 35 cm unteren Durchmesser pro Fm ℳ	Brennholz pro Rm ℳ
Ungarn, Durchschnitt	11,71	7.85	8,08	1,33	4,32	3,89	0,97
In den Forstdirektionsbezirken	7,11—17,00	4,68—11,31	6,80—13,60	0,34—3,40	2,62—13,02	1,53—9,35	0,41—3,15
Kroatien und Slavonien, Durchschnitt .	10,95	10,54	10,93	0,65	4,40	2,89	0,88
In den Forstdirektionsbezirken	10,20—11,70	10,20—10,88	10,20—11,70	0,51—0,78	2,72—7,09	2,72—3,06	0,85—0,95

	Fichte			Tanne			Kiefer		
	Bau- u. Nutzholz üb. 40 cm unteren Durchm. pro Fm ℳ	Bau- u. Nutzholz unt. 40 cm unteren Durchm. pro Fm ℳ	Brennholz pro Rm ℳ	Bau- u Nutzholz üb. 40 cm unteren Durchm. pro Fm ℳ	Bau- u Nutzholz unt. 40 cm unteren Durchm. pro Fm ℳ	Brennholz pro Rm ℳ	Bau- u. Nutzholz üb. 35 cm unteren Durchm. pro Fm ℳ	Bau- u. Nutzholz unt. 35 cm unteren Durchm. pro Fm ℳ	Brennholz pro Rm ℳ
Ungarn, Durchschnitt	5,58	3,79	0,56	5,08	4,03	0,44	7,43	5,13	0,83
In den Forstdirektionsbezirken	3,40–6,43	2,64–5,83	0,22–0,83	3,40–6,43	2,64–4,78	0,22–0,83	3,40–8,70	3,40–7,53	—
Kroatien und Slavonien Durchschnitt .	4,42	2,38	—	4,51	3,49	—	—	—	—
In den Forstdirektionsbezirken	—	—	—	4,25–4,76	2,21–4,76	—	—	—	—

[1]) Bedö, a. a. O. III, 114.

11. Bosnien[1]. 1905.

	Preise am Stock pro Fm ℳ		
Nadelnutzholz überhaupt . .	1,27—3,40	Gipfelholz	0,34—0,68
Fichten und Tannen bis 25 cm Oberstärke	2,04—3,40	Gipfelholz bis 15 cm	0,42—0,68
Buchen-Nutzholz	0,85—1,19		

§ 188. Holzpreise in der Schweiz.

1. Die Verschiedenartigkeit der natürlichen Verhältnisse in einem Gebirgslande spiegeln sich auch in den Holzpreisen wieder. Die Preise sind nicht für alle Gegenden gleichmäßig veröffentlicht. Ein reichhaltiges Material über die bei den einzelnen Verkäufen erzielten Preise enthält alljährlich die Schweiz. Zeitschrift für das Forstwesen. Für den Nachweis der Preise im Hochgebirge sind die regelmäßigen Berichte der Forstverwaltung des Kantons Bern von großem Werte.

Die Preise im Hochgebirge stehen in neuester Zeit vielfach nicht zurück hinter denjenigen des Hügellandes. Vergleicht man die Preise der Schweiz mit denjenigen anderer Länder, so ergibt sich, daß die Holzpreise in den meisten Gegenden der Schweiz zu den höchsten gehören, die bekannt geworden sind.

2. Kanton Zürich[2]. 1899. Preise pro Fm ℳ:

Nutzholz 22,08 Brennholz 12,96 Reisig 10,16
Durchschnitt aller Sortimente 17,60

3. Stadt Zürich[3]. Durchschnittliche Verwertung 1891—1900 pro Fm ℳ:

Nutzholz 53,60 Brennholz 14,88 Wellen 15,12

4. Stadt Winterthur[4] 1908.

pro Fm ℳ: Sägholz 32,48. Bauholz 21,68. Stangen 18,88.
pro Rm ℳ: harte Scheiter 11,92, Tannen-Scheiter 10,64, Papierholz 10,88.
100 Stück ℳ: harte Wellen 28,40, Tannen-Wellen 25,68, Deckreiswellen 46,56.

5. Kanton Aargau[5]. 1910. Erlös

pro Fm Nutzholz 23,36, Höchster E. Lenzburg 26,64, niedrigster E. Muri 20,72.
pro Rm Brennholz 8,00, höchster E. Aarau 9,52, niedrigster E. Baden 6,27,
pro 100 Wellen 13,52, höchster E. Kulm 16,64, niedrigster E. Muri 9,28.

6. Kanton Thurgau[6]. 1908. Preis sämtlicher Sortimente in den Staatswaldungen durchschnittlich 16,80 ℳ.

7. Stadt Schaffhausen[7]. 1903. Erlös für 1 Fm ℳ:
Nutzholz 21,84, Scheiter und Prügel 13,60, Derbholz 17,36.
Reisig 10,32, Derbholz und Reisig 15,04,
Eichen-Stammholz 38,08, Nadel-Stammholz 20,56,
Buchen-Scheiter 17,12, Buchen-Reisig 15,04.

---

[1] Dimitz 265.

[2] Forststat. des Kts. Zürich 1900, S. 52.

[3] Meister, Stadtw. v. Zürich. ² 206.

[4] Jahresbericht 1908, 5.

[5] Wanger, Forstwesen in: Die Landwirtschaft im Kanton Aargau. 267.

[6] Rechenschaftsbericht des Regierungsrats S. 5,

[7] Stat. Zusammenstellung betr. die Stadt- und Spitalwaldungen Schaffhausens von 1864—1903, S. 20.

8. Kanton St. Gallen[1]). 1908.

Erlös pro Fm Derbholz und Reisig:

Bezirk	St. Gallen	18,40 *M*
,,	Sargans	16,80 *M*
,,	Toggenburg	16,32 *M*
Kanton	St. Gallen	17,44 *M*

9. Stadt Chur[2]). 1906. Preis pro Fm:
Nutzholz 21,60, Brennholz 11,76.

10. Kanton Waadt[3]). 1898. Preis in den Privatwaldungen pro Fm aller Sortimente *M*:
Kanton 9,92, Moudon, Oron 13,60, Orbe 6,40.

11. Kanton Bern[4]). 1908. Erlös pro Fm *M*:

	Kanton	Höchster		Niedrigster	
		Erlös			
1. Bauholz	21,36	Kehrsatz	23,92	Frutigen	17,92
2. Brennholz	11,76	Pruntrut	13,92	Zweisimmen	7,24
3. Im ganzen	15,68	Kehrsatz	18,08	Delsberg	12,96

Für die im Hochgebirge gelegenen Forstkreise ergeben sich 1908 folgende Erlöse pro Fm:

	Im ganzen	Bauholz	Brennholz
	M	*M*	*M*
Meiringen	15,36	19,76	10,08
Interlaken	16,56	22,16	13,12
Frutigen	16,00	17,92	13,76
Zweisimmen	14,64	18,64	7,24
Wimmis	15,76	22,80	13,28
Thun	15,04	22,32	10,40

12. Im Hochgebirge wird das Holz vielfach stehend verkauft, wodurch der Vergleich der Preise mit denjenigen anderer Gegenden erschwert wird.

Die Transportkosten bis zur nächsten Bahnstation oder dem Verbrauchsort sind regelmäßig beigefügt. Sie steigen bis zu 8 *M* pro Fm. Selbst bei so hohen Fuhrlohnskosten werden in Graubünden (bei Thusis) für liegendes Fichten-Sägholz 21—33 *M*, für Arven- und Lärchenholz 32—37 *M* erlöst.

In den Kantonen Waadt, Wallis, Bern, Luzern, Glarus, Graubünden werden im Hochgebirge für Nadelklotzholz 21—37 *M*, für 1 Rm Brennholz 4,40 bis 10, ja 12 *M* erlöst.[5])

Die Erbauung zahlreicher Eisenbahnen, namentlich der Bergbahnen, sowie die Erstellung von Drahtseilriesen haben den Transport wesentlich erleichtert und verbilligt und dadurch ein Steigen der Preise im Walde bewirkt.

§ 189. Die Preisverhältnisse einzelner Sortimente.

1. Die Sortimente werden im allgemeinen nach Länge und Stärke abgestuft. Die längeren und stärkeren Klassen erzielen die höheren Preise. Die Abstufung in der Länge geschieht in der Regel nach Metern, diejenige nach der Stärke nach

[1]) Amtsbericht des Regierungsrats.
[2]) Henne, a. a. O. S. 13.
[3]) Statistique agricole de 1898, S. 164.
[4]) Verwaltungsbericht der Forstdirektion für das Jahr 1908, S. 11.
[5]) Nach der Schweiz. Z. f. Fw.

Zentimetern bezw. Millimetern. Ein Stück Rundholz, das am dünnen Ende 7,0 cm hat, fällt in das Reisig, wenn es 7,1 cm hält, dagegen unter das Prügelholz, wenn es 14,1 cm hält, unter das Scheitholz. Unterschiede in den Nutzholzsortimenten gründen sich ebenfalls auf bestimmte Längen und Stärken. Ein Fichtenstamm, der 18 m lang und 30 cm am dünnen Ende stark ist, gehört der I. Klasse von Nutzholz an; ist er nur 17,5 m lang oder 29,9 cm stark, so fällt er in die II. Klasse etc. Es sind also nur wenige Zentimeter in der Länge oder wenige Millimeter in der Stärke, von welchen die Einreihung in die höhere Preisklasse abhängt.

An einigen Beispielen soll der erhebliche Einfluß einer verfeinerten wald baulichen Technik auf die Preise und dadurch den Ertrag des Waldbesitzes ge zeigt werden.

2. Bei einer Verdingung von Telegraphenstangen wurden 1908 bei der Oberpostdirektion in Kassel Offerten eingereicht[1]) und zwar für

	7 m lange	8½ m lange	10 m lange	12 m lange Stangen
pro Stück ℳ	5,02	7,24	8,97	11,91
Verhältnis-Zahlen:	100	144	179	237
	—	100	124	164
	—	—	100	133

Unterschiede in der Länge von 2 m erhöhten die Forderung um 2—3 ℳ bezw. um 24 bis 44 %.

3. Aus amtlichen Preislisten habe ich folgende Unterschiede in Prozenten berechnet:

a) für Buchen-Brennholz:

1 Fm als Wellen . . . . 100 (bis 7,0 cm Stärke),
1 ,, als Scheiter und Prügel 146 (7,1 cm und darüber Stärke),
1 ,, als Prügel . . . . 100 (7,1—14,0 cm Stärke)
1 ,, als Scheiter . . . . . . 134 (über 14,0 cm Stärke).

b) für Nadelbrennholz und Nadelnutzholz:

1 Fm Prügel	100					
1 ,, Scheiter	121	100				
1 ,, Langholz V. Kl.	136	113	100			
IV. ,,	170	141	125	100		
III. ,,	203	169	150	120	100	
II. ,,	226	187	167	134	111	100
I. ,,	249	206	183	147	122	110

Die Unterschiede des Preises in den einzelnen Klassen betragen 10—20 %.

Bei den Kleinnutzholzsorten (Baustangen, Hopfenstangen etc.) steigt der Unterschied des Preises verschiedener benachbarter Klassen bis auf 50 und 60 %.

4. Aufgabe der wissenschaftlichen Forschung ist es, die für den Längen- und Stärkezuwachs entscheidenden Faktoren nachzuweisen. Aufgabe des waldbaulichen Betriebes, durch entsprechende Behandlung der Bestände (Durchforstungen, Lichtungen, Pflanzweite etc.) die wertvollsten Sortimente heranzuziehen.

---

[1]) Der Holzkäufer 1908, Nr. 47.

§ 190. Die Bewegung der Holzpreise.

1. Die Änderung der Holzpreise, wie sie von Jahr zu Jahr, von Monat zu Monat, selbst von Woche zu Woche eintritt, ist für die Wirtschaft von einschneidender Bedeutung. Sie beeinflußt auch die waldbaulichen Maßregeln. Bei sinkenden Brennholzpreisen werden Hiebe im Buchenbestande zurückgestellt, Schläge mit vorherrschendem Nutzholzanfall weiter ausgedehnt, Durchforstungshiebe mit Anfall von Brennholz verschoben etc.

Die Bewegung der Preise der stärkeren oder der schwächeren Sortimente wirkt auf die Durchforstungen und Lichtungen, auch die Festsetzung des Hiebsalters (Überhaltbetrieb) ein.

Die mutmaßliche Bewegung der Preise in der Zukunft ist vielfach entscheidend für die Wahl der Holzart.

2. Für das praktische Ermessen sind folgende Fragen von größter Wichtigkeit:

Erstreckt sich das Steigen oder Fallen der Preise auf alle Holzarten und alle Sortimente?

Ist das Steigen und Fallen der Preise nur eine lokale Erscheinung, oder sind weite Gebiete diesem Wechsel unterworfen?

Dauern die Perioden hohen oder niedrigen Standes längere oder kürzere Zeit?

Kann der Waldbesitzer den Gang der Bewegung beeinflussen, oder ist er von Faktoren hervorgerufen, die außerhalb des Waldes liegen?

3. Aus einer 40—60 Jahre umfassenden Preisstatistik geht hervor, daß selbst die Durchschnittspreise eines ganzen Landes eine sehr schwankende Bewegung haben. Von einem Jahre zum andern steigen oder sinken die Preise ganz regelmäßig um 5—10 %. Zu Zeiten jähen Preiswechsels sind Schwankungen von 20—30 % nicht selten. Das Nutzholz hat weit bedeutendere Schwankungen, als das Brennholz; Reisigwellen schwanken mehr, als Scheiter und Prügel. Das Ansteigen zu höheren Preisen geht langsam durch mehrere Jahre hin; plötzliches Steigen trat nur in den Jahren 1873, bezw. 1874 und 1875 ein. Das Sinken der Preise findet dagegen in der Regel in jähem Sturze statt.

Die Preise von Nutzholz und Brennholz ändern sich in den weitaus meisten Fällen in gleicher Richtung; nur sind die Schwankungen bei Nutzholz stärker, als bei Brennholz.

Das Steigen und Fallen der Preise, insbesondere der Nutzholzpreise geht — von lokalen Ausnahmen abgesehen — in ganz Mitteleuropa gleichmäßig vor sich.

4. Faßt man Zeiträume von 40—60 Jahren ins Auge, so treten deutlich Perioden relativ hohen und relativ niederen Preisstandes hervor.

Relativ niedere Preise bestanden:	Relativ hohe Preise bestanden:
1850—59	1860—65
1866—71	1872—75 (auch bis 76)
1877—92 (auch bis 94)	1894—1900
1900—1903	1904—1907

Die Perioden relativ hoher Preise dauern nur 3—5, auch 6 Jahre an; diejenigen niederen Standes erstrecken sich vielfach auf 10—15 Jahre.

Lokale Verhältnisse oder zufällige Ursachen können kleine Verschiebungen hervorbringen; im großen ganzen aber sind die periodischen Preisänderungen in Deutschland, Österreich, Frankreich und der Schweiz in ganz derselben Weise erfolgt, wie sie eben dargestellt wurde.

Die durch erheblichen Preissturz hervortretenden Jahre 1857, 1876, 1887, 1892—93, 1902, 1908 fallen in die Zeit der allgemeinen volkswirtschaftlichen Krisen von 1857, 1873, 1882—86, 1893, 1900—01, 1907[1]).

VIII. Die wirtschaftliche Lage des Waldbesitzers.

§ 191. Der Bedarf an verschiedenen Walderzeugnissen.

1. Neben dem Holze beziehen insbesondere die kleineren Waldbesitzer noch verschiedene andere Erzeugnisse aus dem Walde. Diese sind waldbaulich um so wichtiger, je mehr sie den Charakter der ganzen Wirtschaft bestimmen.

2. Wo die Waldweide eine Bedingung der Viehzucht und der Existenz der Bevölkerung ist, wie dies für das Hochgebirge und teilweise auch für das Mittelgebirge der Fall ist, wird eine lichte Bestockung des Waldes nötig sein. Diese ist im Plenterwalde und im Nieder- und Mittelwalde hergestellt. Da die Weidenutzung nicht geschmälert werden darf, muß der Verjüngungsbetrieb auf bestimmte Flächen beschränkt werden. Vielfach galt früher die Vorschrift, daß durch die Verjüngung nicht mehr als $^1/_6$ der Fläche dem Weidegang entzogen werden dürfe.

3. Die regelmäßige Nutzung von Laub, Nadeln, Heide- und Heidelbeerkraut macht die Sorge für die jährliche Deckung des Bedarfs nötig, beeinflußt die Wahl der Holzart und die Verteilung der Altersklassen und wegen der gewöhnlich auftretenden Bodenverhärtung auch alle Maßregeln der Verjüngung.

4. Hackwald- und Reutbergwirtschaft sind nur im Niederwalde möglich. Der Waldfeldbau setzt die Kahlhiebwirtschaft voraus und erfordert künstliche Bestockung des Waldfeldes.

[1]) Vergl. Art. Krisen (von Herkner) im Handwörterbuch der Staatswissenschaften von Conrad, [3] 6, 253.

5. Die Begünstigung der Bienenweide im Walde schränkt die Reinigungshiebe, die Entfernung des „Weichholzes“ ein und kann die Anzucht bestimmter Holzarten nötig machen[1]).

6. Die Nutzung von Steinen, von Lehm, Sand, Ton, Kies, führt zur Aufforstung mehr oder weniger ausgedehnter Flächen von Rohboden. Ähnliche Aufgaben entstehen in ausgebeuteten Torfstichen, auf Heide-Moor- und Sumpfflächen.

7. Die allgemeine Vermögenslage der einzelnen Waldbesitzer wirkt auf die ganze Richtung der Wirtschaft, und dadurch auch auf die Technik des Waldbaus ein. Die Waldungen vieler Gemeinden und kleinerer Privatwaldbesitzer lassen diesen Einfluß deutlich erkennen. Das Streben, die Ausgaben auf den geringsten Betrag einzuschränken, verhindert die Auspflanzung von Lücken, die Entfernung von Gras und Gestrüpp die Entwässerung. Außerordentliche Aufwendungen von Geldmitteln (Bauten, Wasserleitungen etc.), geben zu erhöhten Nutzungen Anlaß: die alten Bestände werden geschlagen. Der jährliche Bedarf muß aus den Durchforstungsflächen gedeckt werden, was zu besonderen Arten der Durchforstung führt.

---

[1]) Der Verein schweizerischer Bienenfreunde wandte sich mit einer solchen Bitte an die schweizerischen Waldbesitzer. Schweiz. Z. f. F. 1914, 86.

Auszug aus der Inhaltsübersicht

des in Vorbereitung befindlichen

II. Bandes von „Bühler, Der Waldbau“:

III. Teil. Die Praxis des Waldbaus.

Die praktischen Aufgaben und ihre Lösung. Die Quellen der Darstellung und die Methode ihrer Verarbeitung.

1. Abschnitt. Die Benützung des Bodens zu landwirtschaftlichen, hygienischen und ästhetischen Zwecken, zur Holzerziehung. Sonstige Benützung.

2. Abschnitt. Die Pflege des Bodens. Die Wasserwirtschaft im Walde. Zurückhaltung des Wassers. Entwässerung. Bewässerung. Düngung. Bindung des Flugsandes. Sonstige Verbesserungen des Bodenzustandes. Pflege des Bodens im praktischen Betriebe.

3. Abschnitt. Die Holzarten im praktischen Wirtschaftsbetriebe. Aufgaben des praktischen Betriebes. Geographisches. Geschichtliches. Waldbauliche Rücksichten bei der Anzucht der verschiedenen Holzarten. Allgemeines. Periodische Literatur. Einige praktische Fälle. Provenienz des Samens. Waldverschönerung. Oekonomisch- finanzielle Rücksichten bei der Anzucht verschiedener Holzarten. Besondere Verhältnisse des Waldbesitzers. Materialertrag. Geldertrag. Kosten der Anzucht. Reine und gemischte Bestände. Allgemeines. Waldbauliche Schriftsteller. Praktische Wirtschaft. Allgemeines. Vorschriften der staatlichen Behörden. Zeitschriften. Vereinsversammlungen. Reine Bestände. Gemischte Bestände. Vorübergehende Mischungen. Dauernde Mischungen. Der Anbau fremdländischer Holzarten. Geschichtliches. Ergebnis der Anbauversuche. Praktische Schlussfolgerung.

4. Abschnitt. Die natürliche und künstliche Verjüngung. Uebersicht. Geschichtliches über die Anwendung der natürlichen und der künstlichen Verjüngung.

   A. Die natürliche Verjüngung durch Samenabfall. Allgemeines. Bedingungen der natürlichen Verjüngung. Waldbauliche Schriftsteller. Praktische Wirtschaft. Ergebnis der geschichtlichen und statistischen Untersuchung. Verjüngungshiebe oder Schlagstellungen überhaupt. Durchforstungen. Vorbereitungshieb. Samenschlag. Lichtschlag. Abtriebsschlag. Die Verbindung der Verjüngungsarten im praktischen Betriebe. Horst- und gruppenweise Verjüngung. Das Femelschlagverfahren. Seitenverjüngung und streifenweise Verjüngung. Das Saumschlagverfahren. Kosten der natürlichen Verjüngung.

   B. Die natürliche Verjüngung durch Stock und Wurzelausschlag. Gang der Verjüngung.

   C. Die künstliche Verjüngung. Geschichtliches. I. Die Saat. Allgemeines über die Saaten. Holzsamen. Saatmethoden und Samenquantum. Saat-

zeit. Verfahren bei den einzelnen Holzarten. II. Die Pflanzung. Allgemeines. Beschaffung des Pflanzenmaterials. Saat und Pflanzschulen. Qualität, Alter und Arten des Pflanzenmaterials. Pflanzmethoden. Pflanzverband, Pflanzweite, Pflanzenmenge. Pflanzzeit. Pflanzung von Stecklingen und Wurzelloden. Pflanzverfahren bei den wichtigsten Holzarten. Kosten von Saaten und Pflanzungen. Kulturplan.

D. Die Anwendung der natürlichen und der künstlichen Verjüngung. Allgemeine Gesichtspunkte. Materialertrag von natürlichen Verjüngungen. Saaten und Pflanzungen. Verbindung der verschiedenen Verjüngungsarten im praktischen Betriebe.

E. Verjüngung reiner Bestände der wichtigsten Holzarten.

F. Verjüngung gemischter Bestände.

5. Abschnitt. Die Erziehung und Pflege der Bestände. Allgemeines. Geschichtliches. I. Pflege der Jungwüchse in der frühesten Jugendperiode (Schlagpflege). II. Reinigunghiebe. III. Durchforstungen. Geschichtliches. Entwicklung geschlossener Bestände. Entwicklung der nicht mehr geschlossenen und der licht bestockten Bestände. Ökonomische Voraussetzungen der Zwischennutzungen. Der Durchforstungsbetrieb. Allgemeines und Methodisches. Durchforstungsarten und Durchforstungsgrade im Nebenbestande. Durchforstungsarten im Hauptbestande. Zwecke und Wirkungen der Durchforstungen. Beginn und Wiederholung. Material- und Geldertrag im gewöhnlichen Wirtschaftsbetrieb. Durchforstungsanfall auf besonderen Versuchsflächen. Durchforstungsertragstafeln. Wachstumsleistung der Bestände bei verschiedener Durchforstung. Wachstumsleistung des Hauptbestandes, des Nebenbestandes. Schlußfolgerungen für die Praxis. IV. Lichtungshiebe. Allgemeines. Anwendung der Lichtungshiebe bei verschiedenen Holzarten. Lichtwuchsbetrieb. V. Abtriebshiebe. Allgemeines und Methodisches. Abtriebsalter und Umtriebszeit. Abtrieb zur Zeit des höchsten Massenertrags, zur Zeit des höchsten Wertes und Preises, zur Zeit des höchsten Geldrohertrags, zur Zeit des höchsten Geldreinertrags. Die in der praktischen Wirtschaft üblichen Abtriebsalter oder Umtriebszeiten. Schlußfolgerungen für die Praxis. VI. Dürrholzhiebe und unvorhergesehene Holzanfälle.

6. Abschnitt. Die Betriebsarten. Begriff. Uebersicht. Geschichtliches. Statistik der Betriebsarten. A. Der Niederwald. Wesen. Formen. Bewirtschaftung. Eichenschälwaldungen. Weidenanlagen. B. Der Kopfholzbetrieb. C. Der Schneitelbetrieb. D. Der Hochwald. Wesen. Formen. Bewirtschaftung. E. Der Plenterwald. Wesen. Formen. Bewirtschaftung. F. Der Mittelwald. Wesen. Formen. Bewirtschaftung. G. Der Weidebetrieb im Walde. H. Der Waldfeldbaubetrieb. I. Sonstige Betriebsarten. K. Die Betriebsarten in ökonomischer Beziehung. L. Die Verbindung der Betriebsarten. M. Die Umwandlung der Betriebsarten.

7. Abschnitt. Die Ergebnisse der praktischen Wirtschaft. Allgemeines. Materialertrag der Holznutzung. Geldeinnahmen. Geldausgaben. Geldreinertrag. Intensität der Wirtschaft.

IV. Teil. Zur Geschichte der Wissenschaft und Praxis des Waldbaus.

Literatur über den Waldbau. Entwicklung der Lehre. Entwicklung der waldbaulichen Praxis. Waldbauliche Forschung.
